

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich
Abteilung für Kariologie, Parodontologie
und Präventivzahnmedizin

Vorstand: Prof. Dr. med. H.R. Mühlemann
Arbeit unter der Leitung von Dr. med. F. Lutz

DIE ENTWICKLUNG EINES SEITENZAHNKOMPOSIT-SYSTEMS,
IN VITRO VERSUCHE

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von

MARKUS KULL

von Niederlenz (Kt. Aargau)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. H.R. Mühlemann

Zürich 1980



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich
Abteilung für Kariologie, Parodontologie
und Präventivzahnmedizin

Vorstand: Prof. Dr. med. H.R. Mühlemann
Arbeit unter der Leitung von Dr. med. F. Lutz

DIE ENTWICKLUNG EINES SEITENZAHNKOMPOSIT-SYSTEMS,
IN VITRO VERSUCHE

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von

MARKUS KULL

von Niederlenz (Kt. Aargau)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. H.R. Mühlemann

Zürich 1980



Juris Druck + Verlag Zürich

ISBN 3 260 04810 3

Herrn Prof. Dr. med. H.R. Mühlemann danke ich für die
Ueberlassung des Themas.

Herrn Dr. med. F. Lutz danke ich für die Unterstützung
bei der Durchführung und Darstellung der Arbeit.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
2. PROBLEMSTELLUNG	3
3. MATERIAL UND METHODE	4
3.1 Optimierung von Adaptation und Randschluss	4
3.2 Entwicklung eines Ausarbeitungsverfahrens	7
4. RESULTATE	
4.1 Optimierung der Füllungsrandqualität	10
4.2 Ausarbeitung der Kompositfüllung	12
5. DISKUSSION	
5.1 Konzeption eines Seitenzahn-Komposit-Systems	14
5.2 Ausarbeitung der Füllungen	18
6. ZUSAMMENFASSUNG	21
7. SUMMARY	22
8. RESUME	23
9. LITERATURVERZEICHNIS	24
10. TABELLEN	34
11. LEGENDEN	52
12. ABBILDUNGEN	54

1. EINLEITUNG

In der Schweiz nehmen Komposits in der jährlichen Verbrauchsstatistik mit 52 % die erste Stelle ein (94).

Da der Kariesbefall der Frontzähne dank dem Einsatz von gezielten Prophylaxemassnahmen drastisch zurückgegangen ist (51, 52), muss angenommen werden, dass Komposits trotz fehlender Eignung und entgegen der herrschenden Lehrmeinung (13, 20, 32 - 34, 40, 41, 45, 48, 49, 54 - 56, 58, 62 - 65, 67 - 74, 78, 80, 92, 93) häufig im Seitenzahnbereich als okklusionstragender Zahnersatz Verwendung finden.

Die Entwicklung eines Seitenzahnkomposits, das die Patientenwünsche bezüglich Aesthetik weitgehend erfüllt und gleichzeitig ohne allzu grossen Aufwand eine qualitativ hochstehende Füllungstherapie erlaubt, ist deshalb vor- dringlich.

Ein potentielles Seitenzahnkomposit-System sollte, um als solches akzeptiert werden zu können, folgende Eigenschaften aufweisen:

- Hohe, amalgamähnliche Verschleissfestigkeit
- Absolute Formstabilität: keine plastische oder elastische Deformation
- Möglichst konventionelle, technisch einfache Verarbeit-
barkeit
- Dichter Randschluss und perfekte, marginale Adaptation
- Schmelzähnliche Röntgenopazität, die ein Erkennen von
Füllungsüberschüssen im Röntgenbild erlaubt
- Rasche, zahnschonende und exakte Ausarbeitbarkeit
- Aesthetisch befriedigende Farbe und Transluzenz

Die erste Hauptanforderung, die amalgamähnliche Verschleiss-
festigkeit, konnte, wie neueste Untersuchungen gezeigt
haben (36, 45, 57), bei den Kompositneuentwicklungen mit
Mikrofüllern aus pyrogenem Siliziumdioxid bereits weitgehend
erfüllt werden.

Für die Ausarbeitung von Kompositfüllungen werden im wesentlichen 3 Arbeitsgänge unterschieden, nämlich: die Grobausarbeitung, die Feinausarbeitung und die Politur.

Bei der Grobausarbeitung werden, ohne den Schmelz zu berühren, nur die grössten Ueberschüsse entfernt. Dafür geeignet sind feine Präparierdiamanten und Wolframcarbidfinierer.

Die Feinausarbeitung dient der Herstellung der durch Funktion und Aesthetik bestimmten endgültigen Form. Dabei werden die Füllungsrän der definitiv ausgearbeitet und finiert. Trotz vielfältiger Versuche konnte bis heute kein ideales Verfahren gefunden werden. Wegen ihrer Schmelzfreundlichkeit werden zur Zeit für die Bearbeitung der konventionellen Komposits glatte Wolframcarbidfinierer, weisse Arkansas-Steine und Discs feinsten Körnung empfohlen (23, 26, 29). Wie erste Versuche gezeigt haben, sind die bis jetzt gebräuchlichen Feinausarbeitungsinstrumente für die Bearbeitung der Mikrofüller-Komposits (27, 59) jedoch ungeeignet. Die Schleifleistung ist zu gering; der Zeitbedarf für das Ausarbeiten zu gross.

Eine Politur ist bei konventionell aufgebauten Komposits mit Makrofüllern von 1 - 100 um Grösse nicht möglich. Bei Komposits mit mikronisierten, 5 - 50 nm grossen anorganischen Füllern ist dieses Problem gelöst: Solche Komposit-Neuentwicklungen sind echt polierbar. In vivo verhalten sie sich im Gegensatz zu konventionellen Komposits homogen; die einmal erzeugte Oberflächenglätte ist von Dauer. Eine Tendenz zur Selbstglättung durch die Beanspruchung im Mundmilieu wurde zudem beobachtet (55, 75, 77). Für die Füllungstherapie im Frontzahnbereich ist dies als entscheidender Fortschritt zu werten: Die bei konventionellen Komposits übliche hohe Affinität auf Plaquebildung und Bakterienbesiedlung hat deutlich zugenommen; eine Verfärbungstendenz (staining) ist kaum mehr vorhanden (10, 11, 20, 21, 26, 28, 42, 45-47, 66, 77, 79, 82-84, 88, 89, 91).

2. PROBLEMSTELLUNG

Unter Verwendung der als verschleissfest und polierbar befundenen Komposits (36, 45, 57) soll durch in vitro Versuche die System-Zusammensetzung eines potentiellen Seitenzahn-Komposits ermittelt werden.

Dabei stehen folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Für die marginale Adaptation und den Randschluss muss eine bezüglich Technik- und Arbeitsaufwand vertretbare Optimierung gefunden werden. Dabei ist den Forderungen nach ausreichender Röntgen-Opazität, Dichtigkeit und einfacher, möglichst konventioneller Kavitätenpräparation nachzukommen.
- Für die Ausarbeitung von okklusalen und okkluso-approximalen Füllungen aus Mikrofüller-Komposits müssen entsprechende Instrumente evaluiert und bereitgestellt werden. Neu zu entwickeln sind insbesondere schmelzschonende, rationell arbeitende Schleifkörper für die Grob-, Fein- und Feinstausarbeitung der Okklusalflächen. Als ideal werden dabei Maschineninstrumente betrachtet, die eine einwandfreie, anatomisch und funktionell gerechte, nicht destruktive Ausgestaltung des Kauflächenreliefs innert nützlicher Frist zulassen; die erzeugte Oberfläche soll so glatt wie möglich, nicht aber unbedingt poliert, ausfallen.

Im Frontzahnbereich, in dem sich die neuen polierbaren Komposits aufgrund ihrer überlegenen Aesthetik und ihrer geringeren Verfärbungsanfälligkeit rasch und vollständig durchsetzen (77, 81, 90), wären im Vergleich zu den Wolframkarbidfinierern und Steinchen besser brauchbare Feinausarbeitungsinstrumente nützlich. Als Ergänzung zu vorhandenen, flexiblen Poliersystemen sollen starre, polierende Maschineninstrumente, die eine örtlich selektive Bearbeitung der gelegten Füllung ermöglichen, entwickelt werden.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1 Optimierung von Adaptation und Randschluss

Drei Klassen von Komposits mit insgesamt 12 Einzelprodukten wurden in den Versuch miteinbezogen (Tab. 1), nämlich:

5 konventionell aufgebaute Komposits, die für die Verwendung im Frontzahnbereich und zum Teil bedingt für den Seitenzahnbereich freigegeben wurden (Nr. 1 - 5, Tab. 1)

2 Komposit-Neuentwicklungen mit Mikrofüllern auf der Basis von pyrolytischem Siliziumdioxid (Nr. 6, 7, Tab. 1)

5 Versuchskomposits, wovon 3 als potentielle Seitenzahnkomposits mit Mikrofüllern aus pyrogenem SiO_2 gelten können (Nr. 8 - 10, Tab. 1), bzw. 2 ähnlich aufgebaute Komposits als Teil eines Seitenzahnkomposit-Systems zu verstehen sind (Nr. 11, 12, Tab. 1). Zum Vergleich dienten Füllungen aus einem bewährten Dispersions-Amalgam (Nr. 13, Tab. 1).

Aus der in 0,1 % Thymol konservierten Zahnbank wurden selektiv untere Weisheitszähne ausgewählt. Nach einer gründlichen Reinigung mit Handinstrumenten, Bürstchen und einem Bimstein-Wasser-Gemisch erfolgte mittels Turbine¹⁾ und einem umgekehrt kegelförmigen Präparationsdiamanten²⁾ unter ständiger Wasserberieselung die Präparation der MOD-Kavitäten. Die Kavitätenränder wurden mit Wolframcarbidfinierern³⁾ bei ca. 25'000 U/min in Auswärtsrotation sorgfältig finiert. Die Schmelzränder im Bereich der horizontalen Stufe wurden nach Anlegen der Matrizen⁴⁾ mit Handinstrumenten⁵⁾ zusätzlich nachfiniert (3, 6, 7, 8, 44, 87).

1) KaVo^R BORDEN "70", Kaltenbach + Voigt, Biberach, BRD

2) Intensiv-FG-Diamant 215, W. Hubschmid + Sohn, Viganello, CH

3) Adhesiv-Prep-Set^R, Hawe-Neos Dental, Gentilino-Lugano, CH

4) Auto Matrix^R, L.D. Caulk Co, Milford, Del, USA

5) Gingivalrandschräger 279 CI 278; Scaler R ZI 11 L; A. Deppeler, CH - 1180 Rolle, CH

Die Kavitäten wurden darauf mit 5 % NaOCl gereinigt, ausgesprayt und mit ölfreier Luft getrocknet. Auf das Legen von Unterfüllungen wurde generell verzichtet.

Ueber die verschiedenen Kavitätenformen, die zur Evaluation gelangten, gibt Tabelle 2 Auskunft. Die Adhäsions-Präparationen (Abb. 2) ausgenommen, wurde darauf geachtet, möglichst grosse, gleich dimensionierte Kavitäten zu präparieren. Pro Versuchsgruppe wurden mindestens 5 Testfüllungen gelegt. Die verschiedenen, beim Versorgen der Kavitäten angewandten und evaluierten Füll-Techniken sind ebenfalls Tabelle 2 zu entnehmen. Für die Schmelzätzung wurde 30 % Phosphorsäure verwendet. Die Aetzzeit betrug 1 Min. Der Versieglervorstrich (vgl. Tab. 1, 2 und 5) erfolgte jeweils mit einem Pinsel. Um eine Aushärtung der Lacke in allzu dicken Schichten zu vermeiden, wurden die frisch-versiegelten Kavitäten unmittelbar nach der Sealerapplikation mit dem Luftbläser sanft ausgeblasen. Die nicht stopfbaren Komposits wurden nach 30 Sekunden Anmischzeit mit einem Wironitspatel in die Kavitäten eingebracht und nach Abdecken mit einer Polycarbonatfolie⁶⁾ unter digitaler Kompression während 5 Minuten der Härtung überlassen. Bei den 2-zeitig applizierten Materialien (Abb. 4) wurden primär die approximalen Kanten bis auf Höhe des okklusalen Kavitätenbodens gefüllt. Als Stopfinstrumente dienten formlich mit Amalgamstopfern identische Spezialinstrumente aus Delrin^R und Teflon^R. Nach einer Wartezeit von mindestens 5 Minuten wurde der Rest der Kavität nach dem Kompressionsverfahren gefüllt.

Nach einer Wartezeit von mindestens 30 Minuten ab Beginn des Anmischens wurden Matrizenhalter und Matrizen von den unter Wasser gelagerten Testzähnen entfernt. Mit Präparationsdiamanten⁷⁾ wurden grobe Ueberschüsse weggeschliffen und die Okklusionsflächen der Testfüllungen getrimmt. Die zu beurteilenden Approximalflächen wurden unter Wasserspray mit 3M-Discs ausgearbeitet und unmittelbar darauf mit einer Siliconabformmasse⁸⁾ repliziert.

6) Bayer AG, Leverkusen, BRD

7) Dentatus 804 und 527 a, AB-Dentatus, Hägersten, S

8) Xantopren-Blau^R, Bayer AG, Leverkusen, BRD

Die Beurteilung der Füllungsråder im Elektronenmikroskop erfolgte bei 400-facher Vergrösserung nach dem in Abbildung 5 dargestellten Schema. Die totale Länge des approximalen Kavitätenrandes wurde in 5 Abschnitte eingeteilt, nämlich in die vertikalen Begrenzungen der Füllung (1 + 5, Abb. 5), die Kurvaturen (2 + 4, Abb. 5) und die horizontale Begrenzung der Füllung (3, Abb. 5). Mikromorphologisch identische Teilstrecken in diesen Abschnitten wurden nach den Qualitäten Randspalt, Einbruch, Unterschuss, Ueberschuss und Perfekter Rand in % der vollen Abschnittslänge gewertet. Pro Längeneinheit konnte die Qualität Perfekter Rand nur allein, von den übrigen Befunden gleichzeitig höchstens zwei Qualitäten zugeordnet werden. Die Dichtigkeit des Randschlusses wurde mit einem Farbstoffpenetrierverfahren untersucht. Als Testlösung diente 0,5 % wässriges Fuchsin. Die Expositionszeit betrug jeweils 20 Stunden. Die Wertung erfolgte nach der in Tabelle 3 aufgeführten Graduierung. Bei der statistischen Auswertung waren nur Vergleiche zwischen Testgruppen zulässig, die sich lediglich in einem Punkt unterschieden. Gemäss Tabellen 1 und 2 waren folgende Parameter variierbar:

- Füllungsmaterial (Produkt)
- Kavitätenpräparation (Form)
- Schmelz-Aetz-Technik [SAT] (Anwendung)
- Versieglervorstrich [VS] (Anwendung, Produkt)
- Applikation des Füllungsmaterials (1- bzw. 2-zeitig)

Zur Vereinfachung des rechnerischen Aufwandes wurden bei der Evaluation der in bezug auf Adaptation und Randschluss der fertigen Füllung optimalen Fülltechnik nur Testgruppen berücksichtigt, bei denen entweder das als verschleissfest befundene potentielle Seitenzahnkomposit Estic^R microfill

oder das Standard-Komposit Adaptic^R Verwendung fand. Abklärungen in bezug auf den Einfluss der Kavitätenform wurden auf konventionelle und modifiziert konventionelle Präparationen (Abb. 2, 3) beschränkt, da einerseits die entsprechenden Untersuchungen für Adhäsiv-Füllungen abgeschlossen sind (18, 48, 50) und andererseits Grösse und Ausdehnung der üblichen Kariesläsionen im Seitenzahnbereich bzw. der in Zukunft zu ersetzenden Amalgamfüllungen wegen des in der Regel ungenügenden Schmelzangebotes im Bereich der horizontalen Stufe (6, 87) und mangels einer Dentinhafung praktisch keine andere als die makroretentive, konventionelle Kastenpräparation zulassen. Der Grad der Materialabhängigkeit der als optimal befundenen Applikations- und Verarbeitungstechnik wurde durch einen Vergleich der entsprechend aufgebauten Füllungen aus den Standard-Komposit Adaptic^R und Concise^R mit solchen aus dem potentiellen Estic^R-Seitenzahnkompositsystem zu bestimmen versucht. Rechnerisch wurden die verschiedenen zur statistischen Auswertung gelangten Gruppen mit einem t-Test auf signifikante Unterschiede geprüft und spezifisch miteinander verglichen.

3.2 Entwicklung eines Ausarbeitungsverfahrens

In einem in vitro Versuch wurden unterschiedlich aufgebaute Komposits einerseits nach verschiedenen, bisher üblichen Ausarbeitungsverfahren und andererseits mit neu entwickelten Diamantschleifkörpern bearbeitet. Die dabei gemessenen Rauheitswerte wurden anschliessend einem Vergleich unterzogen. Von den in Tabelle 1 aufgeführten Komposits wurden je fünf zylindrische Testkörper mit einem Durchmesser von 9,5 und einer Höhe von 4,0 mm hergestellt und in Linie äquiplan auf einen Metallträger montiert.

Ausgangswert für sämtliche Bearbeitungstests war eine maschinell⁹⁾ erzeugte Oberflächenrauigkeit. Dazu wurden jeweils die 5 identischen Kompositproben blockweise zuerst mit 400 Grit Schleifscheiben⁹⁾ und anschliessend mit 600 Grit Schleifscheiben⁹⁾ feucht bearbeitet. Ausgehend von dieser standardisierten Oberfläche wurden die Proben unter steter Wasserberieselung mit zunehmend feineren Schleifkörpern nach der in Tabelle 4 aufgeführten Gruppeneinteilung und Reihenfolge angeraut. Nach jeder einzelnen Bearbeitung wurde mit einem Tastschnitt-Gerät¹⁰⁾ die Oberflächenrauigkeit bestimmt und nach jedem Gruppendurchgang wiederum maschinell die Standardoberfläche als Ausgangswert für die nächste Messserie erzeugt. Die Oberflächenrauigkeit wurde durch Messung des R_a -Wertes erfasst. Er ist als arithmetischer Mittelwert der von der Bezugslinie nach oben und unten gerichteten Abweichungen des Profils über eine bestimmte Prüflänge definiert (24, 30, 43, 53, 85).

Mit 6 Messungen pro Kompositscheibe und 5 Testkörpern pro Komposit ergaben sich bei einer dreifachen Wiederholung der Versuche total 90 Messungen für die Bestimmung der produkt- und verfahrensspezifischen Oberflächenrauigkeit. Zur Berechnung der maschinell erzeugten, standardisierten Oberflächenrauigkeit wurden 300 bzw. 180 Messungen berücksichtigt.

Ergänzend zu den erwähnten in vitro Versuchen wurden die Naturdiamant-Körnungen D 75, D 30 und D 15 (Tab. 4, Abb. 7) auf geeignete Schleifkörper (Abb. 8) montiert und in vivo nach ihrer Schleifleistung evaluiert. Die einzelnen

9) 1900AB Automet^R Polishing Apparatus. AB Buehler Ltd, Evanston, 111, USA

No. 30-5148-400 AB Automet^R Paper Discs, Buehler Ltd.

No. 30-5148-600 Carbimet^R Paper Discs, Buehler Ltd.

10) Talysurf 10, Rank Taylor Hobson, Leicester, GB
(Nadel: Standard-Pick-Up, Radius Nadelspitze: 2,5 μ ,
Meter-Cut-Off: 0,25 mm)

R_a -Wert = CLA Wert (centre line average)

Formen der für die in vivo-Prüfung hergestellten Finierdiamanten wurden ferner auf ihre klinische Brauchbarkeit, insbesondere bei der Ausarbeitung von Okklusalfächen, untersucht.

Zur statistischen Auswertung wurden beim maschinellen Bearbeitungsverfahren die bei den verschiedenen Komposits bezüglich R_a -Werte gefundenen Unterschiede mit einer einfachen Varianzanalyse (Streuungszerlegung) auf Signifikanz geprüft. Um ferner die Signifikanz der Unterschiede bezüglich Glättungseffekt der Schleifkörper einerseits und Glättbarkeit der Kompositmaterialien andererseits bestimmen zu können, war bei den anderen Bearbeitungsverfahren eine doppelte Varianzanalyse notwendig. Zusätzlich wurde nach Oberflächenrauigkeit der Komposits sowie nach Glättungseffekt der Bearbeitungsverfahren eine einfache Rangordnung erstellt: Jedes Testmaterial erhielt entsprechend dem durch ein Ausarbeitungsverfahren erzeugten R_a -Wert einen Rang zugeteilt. Die Summe der bei den verschiedenen Bearbeitungen erreichten Rangpunkte wurde als Kriterium für die Erstellung einer Rangordnung der Komposits bezüglich der durch verschiedene Feinausarbeitungsmethoden realisierbaren Oberflächenglätte genommen. Mit der gleichen Methode wurde eine Rangfolge für die verschiedenen Feinausarbeitungsverfahren bezüglich Glättungseffekt an den verschiedenen Testmaterialien erstellt.

4. RESULTATE

4.1 Optimierung der Füllungsrandqualität

Tabelle 5 gibt die elektronenoptisch ermittelten mikro-morphologischen Befunde in Funktion der eingangs erwähnten Parameter wieder. Die Resultate zeigen, dass - unabhängig davon, ob es sich um ein konventionelles oder ein Mikrofüller-Komposit handelt - die beste Randqualität ohne Schmelz-Aetz-Technik durch eine 2-zeitige Kompositapplikation nach erfolgtem Vorstrich des homologen Versieglers erzielt wird. Bei der Versorgung von konventionell präparierten Kavitäten der Klasse II wirkt sich die Schmelz-Aetz-Technik wegen der spezifischen Qualität und Struktur des supragingivalen, approximalen Schmelzes bezüglich Adaptation nur zum Teil positiv aus (Abb. 9, 10, 11). Materialbedingte Qualitätsunterschiede bezüglich Randschluss zwischen Adaptic^R, Concise^R und dem Versuchskomposit Kulzer S sind bei einzeitiger Applikation und MOD-Adhäsiv-Technik lediglich zwischen Concise^R und Kulzer S erkennbar (Tab. 6). Werden für weitere Vergleiche nur noch Füllungen von konventionell präparierten MOD-Kavitäten herangezogen, so kann Tab. 7 entnommen werden, dass bei einzeitiger Applikation das Adaptic^R dem Estic^R MF nur bei der Nichtanwendung der SAT signifikant überlegen ist. Beim zweizeitigen Füllverfahren (Tab. 8) wendet sich der Vergleich zugunsten des Estic^R MF; der Unterschied zwischen Adaptic^R und Concise^R ist nicht signifikant. Die plötzliche Ueberlegenheit des Estic^R MF gegenüber Adaptic^R lässt sich durch die Stopfbarkeit der röntgenopaken Komponente der Estic^R-Füllung erklären: Beim zweizeitigen Verfahren kann die zuerst eingebrachte Kompositportion während der Aushärtung nicht komprimiert werden: die initiale Adaptation ist bei nicht stopfbaren Komposits, durch Benetzung, Fliesseigenschaften und Schwerkraft allein gegeben, während

stopfbare Komposits zusätzlich mit Handinstrumenten adaptiert werden können. Der in Tab. 8 aufgezeigte materialbedingte Qualitätsunterschied muss daher ausschliesslich im Zusammenhang mit dem zweizeitigen Füllverfahren gesehen werden.

Ueber den Einfluss der SAT und der Versieglerapplikation beim einzeitigen Verfahren gibt Tab. 9 u. 10 Aufschluss: Materialunabhängig ist die Kombination SAT und Versieglervorstrich generell überlegen (Abb. 10), absolut betrachtet jedoch nicht optimal (Abb. 12). Beim zweizeitigen Verfahren (Tab. 11) ergibt die Verwendung eines Sealers ohne SAT die beste Randqualität (Abb. 11 u. 13). Dieser wiederum verfahrensspezifische Unterschied ist durch Grösse und Geometrie der initial gelegten "Approximalfüllung" erklärbar (Abb. 4): Die beim Aushärten der relativ kleinen Füllung resultierende Polymerisationsschrumpfung ist absolut kleiner; der Schwund ist zudem zur horizontalen Stufe gerichtet. Die Hypothese, dass der grösste Einfluss auf die Randqualität von der mehrzeitigen Kompositapplikation ausgeht, bestätigt Tab. 12: Das 2- bzw. 3-zeitige Verfahren ist der konventionellen, einzeitigen Fülltechnik signifikant überlegen. Die Materialunabhängigkeit für die verfahrensbedingte Qualitätsteigerung bestätigt Tab. 13. Gemäss Tab. 13, 14 u. 15 ist das 2-zeitige Verfahren unabhängig von SAT- und Versiegleranwendung signifikant überlegen (Abb. 11).

Die günstigen Resultate, die gemäss Tab. 5 mit der Adhäsions-Präparation in Kombination mit der Schmelz-Aetz-Technik und der Versieglerapplikation erzielt wurden, liessen die Frage aufkommen, ob mit einer geringen Modifikation der konventionellen MOD-Präparation durch An-schrägen des Schmelzrandes im Bereich der horizontalen Stufe (Abb. 3) nicht eine zusätzlich verbesserte Randqualität erzielt werden könnte. Wie Tab. 16 zeigt, trifft dies nicht zu.

Tab. 17 bestätigt die bezüglich Füllungsrandmorphologie eindeutige Ueberlegenheit der 3 in vitro geprüften 2-zeitig applizierten Komposits gegenüber Amalgam. Die Dichte einer Füllung wird massgeblich durch die SAT, den Versieglervorstrich und die Kavitätenform bestimmt. Aufgrund von früheren Untersuchungen kann es nicht Überraschen, dass die in konventionell präparierten Kavitäten gelegten Testfüllungen trotz zum Teil optimaler Adaptation generell undicht sind. Wegen der fehlenden oder ungenügenden Haftung am Schmelz und der in bezug auf Randspaltunterdrückung ungünstigen Kavitätenform konnte eine Graduierung der Farbstoffpenetration anhand von jeweils drei zufällig ausgewählten Sägeschnitten pro Approximalkasten nicht vorgenommen werden: Die geringste Undichtigkeit ergab regelmäßig eine Farbstoffimprägation der gesamten Grenzfläche Füllung Zahnmaterial. Die Auswertung des Farbstoffpenetrationsverfahrens wurde deshalb auf die Aussage "dicht" oder "undicht" beschränkt. Ferner wurden nach 80 Prüfungen nur noch mikromorphologisch zu 100 % perfekt adaptierte Füllungen dem Fuchsintest unterworfen. Als absolut dicht erwiesen sich lediglich 5 von 8 ideal adaptierten approximalen Füllungsteilen aus Versuch 29: SAT, Versieglervorstrich und 3-zeitige Kompositapplikation.

4.2 Ausarbeitung der Kompositfüllung

Die Finier-, bzw. Polierbarkeit der in Tabelle 1 aufgeführten Komposits in Funktion der geprüften Ausarbeitungsverfahren (Tabelle 4) zeigt Tabelle 18, die das Mittel aus 90 resp. 300 gemessenen Ra-/CLA-Werten einzeln pro Füllungsmaterial und Bearbeitungsinstrument wiedergibt. Bei der Maschinenpolitur (300 Messungen) gibt es unter den untersuchten Komposits in bezug auf die Oberflächenqualität hoch signifikante Unterschiede ($P < 0,001$).

Im Vergleich aller angewandten Bearbeitungsverfahren ergaben sich signifikante Unterschiede mit einer Vertrauensgrenze von $P \leq 0,01$. Durch eine Auswertung nach Rangpunkten (Tab. 19) konnte eine Rangfolge der verschiedenen Kompositmaterialien bezüglich Finier- und Polierbarkeit erstellt werden. Daraus ist ersichtlich, dass Kompositneuentwicklungen mit anorganischen Mikrofüllern und insbesondere die für den Seitenzahnbereich konzipierten Typen im Durchschnitt die glätteste Oberflächenqualität aufwiesen (Abb. 14).

Die Auswertung der gemessenen R_a -/ CLA -Werte nach dem Gesichtspunkt der Verfahrenstechnik hat signifikante Unterschiede ($P \leq 0,001$) unter den verwendeten Ausarbeitungsinstrumenten ergeben. Mittels eines einfachen Rangordnungstestes (Tab. 20) konnte das bezüglich der geprüften Komposits wirksamste Polierverfahren ermittelt werden. Die D 15 Diamanten erzeugten von allen geprüften, klinisch relevanten Bearbeitungsverfahren die glättesten Oberflächen, und zwar unabhängig davon, ob es sich um konventionelle oder Mikrofüllerkomposits handelt (Abb. 14).

Beim Ausarbeiten der 160 im Labor gelegten MOD-Kompositfüllungen wurde ferner festgestellt, dass sich der Finierdiamant D 30 für die okklusionsgerechte Grobausarbeitung eignet: Bei den Mikrofüller-Komposits zeigte sich ein guter Kompromiss zwischen nützlicher Abrasivität und tolerierbarer Destruktion am Schmelz (Abb. 15).

Wie erste klinische Versuche bestätigen, sind D 15 Diamanten im Frontzahnbereich für die Feinausarbeitung von Kompositfüllungen ideal; das Sof-lex^R-Discs-Poliersystem¹¹⁾ auf Al_2O_3 -Basis wird perfekt ergänzt. Im Seitenzahnbereich ist eine effiziente Fein- und Feinstbearbeitung der okklusalen Anteile von ein- und mehrflächigen Kompositfüllungen auf Mikrofüller-Basis nur mit D 15 Diamantschleifkörpern überhaupt möglich (Abb. 14, 15).

11) 3M Sof-Lex Discs, 3M & Co., St. Paul, Minnesota, USA

5. DISKUSSION

5.1 Konzeption eines Seitenzahn-Komposit-Systems

Bei der Entwicklung eines Seitenzahn-Komposit-Systems ist zur Zeit von folgenden Fakten auszugehen:

- 1) Neben den eingangs erwähnten Anforderungen muss ein Seitenzahn-Komposit, wenn es tatsächlich als Amalgam-ersatz brauchbar sein soll, für die Versorgung von konventionell präparierten Kavitäten der Klasse I und II geeignet sein. Im Unterschied zur Problemstellung in der Adhäsiven Restoration ist deshalb bei der Optimierung von Adaptation und Randschluss eines Seitenzahnkomposits die Kavitätenform praktisch bereits festgelegt.
- 2) Verschleissfeste Kompositsysteme, die absolut keine Polymerisationsschrumpfung aufweisen, sind im Moment nicht verfügbar (64).
- 3) Die verschleissfesten Mikrofüller-Komposits sind nicht röntgenopak. Ausreichend röntgenopake Komposits, die ein Erkennen von Ueberschüssen im Seitenzahnbereich erlauben, sind durch Zumischung von Schwermetallsalzen herstellbar. Das Problem besteht jedoch darin, dass diese röntgenopaken Metalloxyde nur als konventionelle Makrofüller mit Teilchengrößen mit $0,7 - 0,8 \mu$ verfügbar sind. Ueber die Verschleissfestigkeit von annehmbar röntgenopaken Mikrofüller-Komposits ist nichts bekannt.

Aufgrund der vorgelegten Resultate steht fest, dass bei den im Vergleich zu den Adhäsiven Restorationen im Frontzahnbereich riesigen MOD-Füllungen die negativen Auswirkungen der Polymerisationsschrumpfung mit den noch zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, nämlich Schmelz-Aetz-Technik und Versieglervorstrich, nicht kompensiert werden können (2, 38, 48, 60, 61).

Die Schrumpfgrösse, und damit korreliert die Randspaltbreite, nimmt mit zunehmender Kavitätengrösse ebenfalls zu. Aus anatomischen, geometrischen und applikationstechnischen Gründen sind die approximalen Füllungsanteile, insbesondere im Bereich der horizontalen, supragingivalen Stufe bezüglich imperfekter Adaptation und Randundichtigkeit am meisten betroffen.

Sofern bei der Kavitätenpräparation nach der Umrissgestaltung supragingival-approximal noch Schmelzanteile übrig bleiben, werden bei der konventionellen Präparation, mit oder ohne Anshragung des Kavitätenrandes, die Prismen parallel zu ihrer Längsachse angeschliffen oder häufiger noch zwischen peripherem Verlauf und Schmelz-Zement-Grenze durchtrennt (Abb. 9). Die Verletzlichkeit der so isolierten Schmelzprismen ist anerkanntermassen gross (3, 6, 7, 8, 22, 44). Werden diese empfindlichen Schmelzstrukturen zusätzlich noch geätzt, kommt dies praktisch einer Strukturauflösung gleich: Die adhäsiven Kräfte, insbesondere wenn die Polymerisationsschrumpfung des Füllmaterials wirksam wird, übersteigen die kohäsiven Kräfte des Schmelzes bei weitem. Isolierte Schmelzprismen und Prismenbündel werden abgerissen und brechen beim Ausarbeiten der Füllungen aus (1, 2, 38, 48, 60, 61): Mikromorphologisch werden breite Randspalten und klaffende Einbrüche sichtbar (Abb. 12). Eine genaue Analyse der Einzelresultate bei der SAT-Versieglertechnik zeigt überdies deutlich, dass die Schwankungen der Erfolgsgrössen unter den einzelnen Zähnen wesentlich grösser sind, als jene innerhalb eines einzelnen Zahnes. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Aetzwirkung nicht bei allen Zähnen gleich ist (37, 76). Bei gut maturierten 8ern scheint das Verbundsystem Schmelz-Sealer-Komposit nicht in gleichem Masse gut zu funktionieren wie bei retinierten operativ entfernten und daher weniger gut maturierten Weisheitszähnen.

Aufgrund der Füllungsgeometrie liegen beim Aushärten der einzeitig applizierten Kompositrestorationen die Schrumpfungszentren im Bereich des Massenmittelpunktes der approximalen Füllungsanteile: Gegenüber der horizontalen Stufe verlaufen die Schrumpfvektoren weitgehend rechtwinklig und sind von ihr weg gerichtet.

Die Optimierung der Randqualität von Seitenzahn-Füllungen wird dadurch erschwert, dass - im Gegensatz zum Frontzahn-bereich - die Füllungsrän der weitgehend nur indirekt zugänglich sind. Applikationstechnisch die grössten Schwierigkeiten ergeben sich wiederum im Bereich der horizontalen Stufe. Durch eine etappenweise Polymerisation von kleinen Kunststoffmengen lässt sich das Schrumpfvolumen der ersten Portion durch die nachfolgende wieder ausgleichen. Setzt man bei konstanter Kavitäten-Grösse für die Anzahl Portionen die Zahl m , so gilt für $m \rightarrow \infty$ = Schrumpfvolumen $\rightarrow 0$. In praxi heisst das, dass das Kompositmaterial in mehreren Phasen appliziert werden muss. Die diesbezüglich angestellten Versuche mit 1-, 2- bzw. 3-phasiger Applikation (Abb. 4 und 11, Tab. 2 und 5) illustrieren die Richtigkeit dieser Feststellung. Bei der mehrphasigen Kompositapplikation dürfte sich zudem die veränderte Geometrie der initialen "Approximalfüllung" positiv auswirken: Sie ist klein und weist ein relativ grosses Verhältnis von freier Oberfläche zum Volumen auf. Das Schrumpfvolumen ist daher minimal, die Polymerisationsschrumpfung dürfte ferner weitgehend von der freiliegenden okklusalen Fläche her kompensiert werden. Die Schrumpfvektoren sind deshalb generell kleiner. Da zudem das Schrumpfungszentrum der horizontalen Stufe bedeutend näher liegt, dürften sich auch günstigere Schrumpfrichtungen ergeben.

Da in der vorliegenden Untersuchung ausschliesslich mit extrem grossen Kavitäten und ohne Unterfüllungen gearbeitet wurde, ist anzunehmen, dass im allgemeinen die 2-zeitige Applikation eine ausreichend gute Randqualität garantiert. Das Verfahren bietet zudem einen wesentlichen Vorteil: Für die initiale "Approximalfüllung" wird das fragliche oder nicht verschleissfeste, jedoch genügend röntgenopake, stopfbare Kompositmaterial verwendet (Abb. 16). Die okklusalen Füllungsanteile können anschliessend mit dem als verschleissfest befundenen Mikrofüller-Komposit aufgebaut werden. Die Applikation eines Versieglerlervorstriches ist gestützt auf die Resultate unumgänglich (Tab. 5 [Vers. 26/27, 28/19], 10, 11). Wegen der fehlenden Röntgenopazität und der grossen Polymerisationsschrumpfung sollen Versiegler generell in möglichst dünner Schicht appliziert werden (2, 17, 42). Aus Gründen der Homogenität bezüglich der ganzen Füllung wäre gefüllten Versiegler der Vorzug zu geben. Auf die Schmelz-Aetz-Technik ist aus den genannten anatomischen Gründen bei der Versorgung von konventionell präparierten Kavitäten der Klasse II zumindest im Approximalbereich zu verzichten. Es darf dabei jedoch nicht vergessen werden, dass mit Versieglerlervorstrich 2-zeitig gelegte MOD-Kompositfüllung, selbst bei Verwendung eines ideal stopfbaren, röntgenopaken Komposits, nicht dicht sind (25, 48). Obwohl die marginale Adaptation im Vergleich zu Amalgam rund viermal besser ist, werden solche Restorationen im Gegensatz zu Adhäsiv-Füllungen, aber ähnlich den plastischen Metallfüllungen, ebenfalls eine Perkolation zeigen. Der Formstabilität solcher Seitenzahn-Kompositfüllungen ist deshalb erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

5.2 Ausarbeitung der Füllungen

Die von den J 95-, D 70- und D 30-Diamanten im in vitro Versuch ermittelten Daten stehen in Einklang mit den in der Literatur inbezug auf gröbere Diamantschleifkörper ausgewiesenen Resultate; die bearbeiteten Oberflächen sind relativ rauh (4, 5, 9, 14, 16, 26, 31, 35, 39, 86). Da für die Ausarbeitung der Mikrofüllerkomposits die konventionellen Maschineninstrumente nicht brauchbar sind und zudem eine deutlich grössere Schleifleistung benötigt wird, um ein Ausarbeiten innerhalb nützlicher Frist gewährleisten zu können, drängt sich die Verwendung von Diamantschleifkörpern mit gegenüber Präparationsdiamanten verfeinertem Korn auf. Eine gewisse ~~destruktive~~ Rauigkeit bei der Grobausarbeitung muss dabei akzeptiert werden. Dies kann in Kauf genommen werden, weil die leichtverletzlichen inbezug auf Parodontalprophylaxe so wichtigen Approximalflächen mit diesen Körnungen nicht bearbeitet werden. Der mit den D 15 - Diamanten erzielte Glättungseffekt ist ideal. Die positiven, mit ultrafeinen Diamantdiscs erzielten Resultate wurden bestätigt (12), (Abb. 14, 15).

Für die Ausarbeitung von okklusalen und okkluso-approximalen Kompositfüllungen, die aus Gründen der Verschleissfestigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit aus Mikrofüllerkomposits aufgebaut sein werden (36, 55), scheint die Diamantschleifkörperreihe D 30 / D 15 gut geeignet zu sein. Für die Bearbeitung des parodontalprophylaktisch kritischen supragingivalen, approximalen Bereichs der Füllungen, der grundsätzlich gegen eine Matrizierung aushärtet und nur indirekt zugänglich ist, könnten ergänzend die bereits vorhandenen Al_2O_3 -Discs- und Stripsätze mit zunehmend feiner Körnung verwendet werden. Feinkörnig diamantierte, flexible Ansätze für das Eva-Winkelstück¹²⁾, die ohne den hochempfindlichen supragingivalen Schmelz zu schädigen, eine schonende Entfernung von allfälligen Ueberschüssen erlauben, wären zusätzlich nützlich. Für die definitive Festlegung solcher

12) AB-Dentatus, S - 12653 Hägersten, Sweden

Ausarbeitungssätze wären, soweit die Diamantschleifkörper betroffen sind, die einzelnen Körnungen nochmals bezüglich Schleifleistung an Seitenzahnkomposits und destruktiver Wirkung am Schmelz zu überprüfen. In einem breiter angelegten klinischen Versuch mit Seitenzahnkomposits müssten die idealen Schleifkörperformen ermittelt werden.

Für den Frontzahnbereich sind die D 15 Diamanten als Ergänzung zum flexiblen Poliersystem sehr nützlich; sie erlauben ein örtlich selektives, präzises Ausarbeiten der Füllungen. Hervorzuheben ist dabei deren Eignung sowohl für die Feinstausarbeitung von konventionellen Komposits, als auch für die Politur der Mikrofüllerkomposits. Im Rahmen einer in vitro Untersuchung wäre ein direkter Vergleich mit dem bestehenden Discs-Poliersystem auf Al_2O_3 -Basis inbezug auf Polierwirkung an Komposits sinnvollerweise noch nachzuholen. Da sich maschinell, mit 600grit-Polierscheiben oder mit D-15-Diamanten bearbeitete Kompositoberflächen inbezug auf die gemessenen Ra-/CLA-Werte praktisch nicht unterscheiden, ist zu erwarten, dass die D-15 Politur ungefähr jener des zweitfeinsten, flexiblen Al_2O_3 -Disc (600 grit) entspricht.

Aufgrund von Mikrountersuchungen ist bekannt, dass glatt finierter Schmelz nach der Säureätzung ein retentiveres Aetzmuster zeigt, als nur grob, mit Präparationsdiamanten angeschliffener (15). Es ist deshalb anzunehmen, dass die D-15 Diamanten auch für die Finierung von Kavitäten, insbesondere der angeschrägten Schmelzränder bei den Adhäsions-Präparationen in der Schmelz-Aetz-Technik, von Nutzen sind.

Beim Ausarbeiten neuer, aber auch bei der Entfernung alter Restorationen ist durch die gute farbliche Anpassung der Kompositfüllungen die Sichtbarkeit der Grenze Zahnersatz/Zahn zum Problem geworden. Um ein exaktes Ausarbeiten der frisch gelegten Kompositfüllungen bei gleichzeitig optimaler Schonung der angrenzenden Zahnhartsubstanz zu gewährleisten, sollte auch an die Entwicklung eines Demarkationssystems, das eine klare optische Trennung zwischen Füllungsmaterial und Schmelz erlaubt, gedacht werden.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Adaptation und Randschluss von MOD-Kompositfüllungen wurden in vitro elektronenmikroskopisch und mit Hilfe eines Farbstoffpenetrationsverfahrens beurteilt. Eine optimale Adaptation mit einem Anteil "perfekter Rand" von über 90 % wird erreicht, wenn die konventionell präparierte MOD-Kavität ohne Schmelz-Aetz-Technik, nach erfolgtem Versieglervorstrich, primär nur approximal mit einem stopfbaren Komposit bis auf die Höhe des okklusalen Kastenbodens gefüllt und erst sekundär, nach Erhärtung der initialen "Approximalfüllungen", der okklusale Füllungsteil ergänzt wird. Eine derart aufgebaute MOD-Kompositfüllung ist im Vergleich zu Amalgam rund viermal besser adaptiert; zeigt jedoch wegen der konventionellen, rechtwinkelig finierten Kavitätenform ebenfalls Perkolation. Mit den z.Z. verfügbaren Komposits lässt sich somit ein den klinischen Anforderungen entsprechendes Seitenzahn-Komposit-System aufbauen. Für die initiale "Approximalfüllung" wird eine ausreichend röntgenopake, stopfbare, jedoch nicht verschleissfeste Systemkomponente verarbeitet; für die "Okklusalfüllung" eine erwiesenermassen verschleissfeste, jedoch nicht röntgenopake Systemkomponente.

Mit Rauigkeitsmessungen konnte an Testkörpern und MOD-Komposit-Füllungen sowohl in vitro als auch in vivo gezeigt werden, dass Diamantschleifkörper ultrafeiner Körnung für die Feinstausarbeitung von konventionellen Komposits sowie für die Politur von Mikrofüller-Komposits sehr gut geeignet sind. Für das Ausarbeiten von MOD-Kompositfüllern auf Mikrofüller-Basis ist die Verfügbarkeit von Diamentschleifkörper-Sätzen mit speziell entwickelten Formen in den evaluierten mittelfeinen und ultrafeinen Körnungen Voraussetzung.

7. SUMMARY

Adaptation and marginal seal of conventional MOD composite restorations was investigated in vitro with the scanning electron microscope and a dye penetration test. An optimal adaptation i.e. with over 90 % "perfect margins" was achieved in conventional MOD cavity preparations without using the enamel-etch technique. After applying a composite sealer the proximal boxes were filled with a condensable composite to the level of the occlusal floor. Only after the proximal portions had hardened was the occlusal portion of the filling completed. An MOD composite restoration made in this manner is, in comparison to amalgam, about four times better adapted, however, because of the conventional cavity form with sharp line angles, there was some percolation. With the presently available composite materials a clinically acceptable posterior restoration composite system could be constructed: For the initial proximal portion a sufficiently radioopaque, condensable, not necessarily wear resistant composite would be used, and for the occlusal portion a proven wear-resistant, not necessarily radioopaque composite.

With roughness measurements it was shown in test samples and in MOD composite restoration, in vitro and in vivo, that ultrafine diamond abrasive burs were well suited for the finishing of conventional composites as well as for the polishing of microfill composites. For the finishing of MOD microfill composites burs with fine and ultrafine diamond particles tested and specially developed forms are necessary

8. RESUME

L'adaptation et l'application marginale des composites MOD furent jugées in vitro électromicroscopiquement, ainsi qu' à l'aide de la pénétration d'un colorant.

Pour obtenir une adaptation optimale avec un "bord parfait" à plus de 90 %, il faut tout d'abord remplir approximativement la cavité MOD préparée conventionnellement, et ceci sans attaquer l'émail avec l'acide, puis premièrement sceller seulement avec un composite que l'on peut condenser jusqu'à la hauteur de la partie occlusale de la préparation du fond de cavité et deuxièmement, après le durcissement de "l'obturation approximale" initiale, effectuer la partie occlusale de l'obturation. Un composite MOD construit de cette façon est comparativement à l'amalgame quatre fois mieux adapté, mais à cause de la forme conventionnelle à angle droit de la cavité on trouve tout de même de l'infiltration. Avec les composites disponibles jusqu'à présent et à cause des exigences cliniques, on ne peut utiliser ce système-composite que pour les dents postérieures: pour "l'obturation approximale initiale" on emploiera un matériel suffisamment radio-opaque et condensable, mais pas résistant à l'usure: pour "l'obturation occlusale", on utilisera un composant reconnu résistant à l'usure, mais non radio-opaque.

Dans les essais pour les mesures de rugosité, on peut démontrer sur les corps à tester et sur les obturations-composites MOD aussi bien in vitro qu'in vivo, que les fraises à finir diamantées avec des grains ultrafins sont très bien appropriées pour la finition des composites conventionnels, ainsi que pour le polissage des composites à micro-particules. Pour la finition des composites MOD à base de micro-particules, il serait absolument utile à l'avenir de prévoir des sets de fraises diamantées avec des formes spécialement conçues, c'est-à-dire avec des grains moyennement fins et ultrafins.

9. LITERATURVERZEICHNIS

1. Asmussen, E.: Marginal adaptation of restorative resins in acid etched cavities. Acta Odontol Scand 35: 125, 1977
2. Asmussen, E.: Composite restorative resins: relationship between composition and wall-to-wall polymerization. JDREAF 54A: Abstract L 443, 1975
3. Baker, D.L./ Curson, I.: A high speed method for finishing cavity margins. Br Dent J 137: 391, 1974
5. Bartenstein, U./ Finger, W.: Bestimmung der Oberflächen-güte von Composite-Füllungsmaterialien. Dtsch Zahnärztl Z 29: 276, 1974
5. Bassiouny, M.A./ Grant, A.A.: Surface finish of a new visible light-cured composite restorative system. JDREAF 57A: Abstract 1053, 1978
6. Boyde, A./ Knight, P.J./ Jones, S.J.: Further scanning electron microscope studies of the preparation of class II cavities. Br Dent J 132: 447, 1972
7. Boyde, A.: Finishing techniques for the exit margin of the approximal portion of class II cavities. Br Dent J 134: 319, 1973
8. Boyde, A./ Knight, P.J.: Scanning electron microscope studies of class II cavity margins. Br Dent J 133: 331, 1972
9. Butler, M.F./ Ward, R.B./ Eames, W.B.: Surface of filled resins produced by several finishing techniques. JDREAF 50: Abstract 429, 1971
10. Calatrave, L./ Dennison, J.D./ Charbeneau, G.T.: Clinical evaluation of two glazing agents for composite resin: a preliminary report. Oper Dent 1: 82, 1976

11. Castagnola, L./ Wirz, J./ Garberoglio, R.: Polierbarkeit von Kompositfüllungen. SSO 89: 51, 1979
12. Chandler, H.H./ Bowen, R.L./ Paffenbarger, G.C.: Method for finishing composite restorative materials. J Am Dent Assoc 83: 344, 1971
13. Charbeneau, G.T./ Kahler, F.W./ Dennison, J.D.: Composite restorative materials: some clinical suggestions for their use. J Am Dent Assoc 92: 606, 1976
14. Christensen, R./ Christensen, G.: Comparative analysis of finishing technics for a new composite resin. JDREAF 56B: Abstract 519, 1977
15. Dennison, J.B./ Craig, R.G.: Characterization of enamel surfaces prepared with commercial and experimental etchants. J Am Dent Assoc 97: 799, 1978
16. Dennison, J.B./ Craig, R.G.: Physical properties and finished surface texture of composite restorative resins. J Am Dent Assoc 85: 101, 1972
17. de Trey, E.R.: Der Einfluss der Kavitätenform und des Versieglersystems auf die Adaptation und den Randschluss von approximalen Frontzahnfüllungen, in vivo. Med Diss: Zürich 1976
18. de Trey, E.R./ Lutz, F.: Beurteilung von 16 Monate alten, unterschiedlich aufgebauten, approximalen Frontzahnfüllungen. SSO 87: 694, 1977
19. Eames, W.B./ O'Neal, S.J./ Rogers, L.B.: Composite plain talk. J Am Dent Assoc 92: 550, 1976
20. Eames, W.B./ Strain, J.D./ Weitman, R.T./ Williams, A.K.: Clinical comparison of composite, amalgam and silicate restorations. J Am Dent Assoc 89: 1111, 1974

21. Eriksen, H.M.: A clinical evaluation of silicate and composite restorations after 3 years of use. J Oral Rehabil 1: 317, 1974
22. Evans, J./ Kasloff, Z.: Cleansing cavities and sealing cavity walls. Oper Dent 1: 49, 1976
23. Forsten, L.: Fracturing of marginal enamel when finishing composite fillings with rotary instruments. Proc Finn Dent Soc 73: 38, 1977
24. Glantz, P.-O./ Larsson, L.Å.: Surface roughness of composite resins before and after finishing. Acta Odontol Scand 30: 335, 1972
25. Going, R.E.: Microleakage around dental restorations: a summarizing review. J Am Dent Assoc 84: 1349, 1972
26. Gray, H.S./ Gavin, J.B.: The surface texture of trimmed composite fillings. A scanning electron microscopy study. NZ Dent J 71: 139, 1975
27. Gross, A./ Schaefer, R.: Polymerisierbares Bindemittel enthaltender Dentalwerkstoff und seine Verwendung für Zähne und Zahnersatzteile. BRD Auslegeschrift 24.05.578, 1974
28. Gross, M.D./ Moser, J.B.: A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. J Oral Rehabil 4: 311, 1977
29. Hannah, C.McD./ Smith, G.A.: The surface finish of composite restorative materials. Br Dent J 135: 483, 1973
30. Heath, J.R./ Wilson, H.J.: Surface roughness of restorations. Br Dent J 140: 131, 1976

31. Hietanen, J./ Rantanen, A.V.: Evaluation of different composite finishing methods. Proc Finn Dent Soc 72: 11, 1976
32. Hollenback, G.M.: A further report on the physical properties of five composite resins. Part II. J Ala Dent Assoc 55: 17, 1971
33. Hord, A.B.: Current status of class II composite resin restorations. Ont Dent 52: 13, 1975
34. Hotz, P.: Die Abrasion von Composites. SSO 85: 253, 1975
35. Johnson, L.E./ Jordan, R.E./ Lynn, J.A.: Effects of various finishing devices on resin surfaces. J Am Dent Assoc 83: 321, 1971
36. Jørgensen, K.D./ Asmussen, E.: Occlusal abrasion of a composite restorative resin with ultra-fine filler - an initial study. Quintessence Int 6: 73, Report 1646 (VIII), 1978
37. Jørgensen, K.D.: Contralateral symmetry of acid etched enamel surfaces. Scand J Dent Res 83: 26, 1975
38. Jørgensen, K.D./ Asmussen, E./ Shimokobe, H.: Enamel damages caused by contracting restorative resins. Scand J Dent Res 83: 120, 1975
39. Kanter, J./ Koski, R.E./ Graham, D.A.: Composite resins - the relationship of filler particle size to finishing properties. Calif Dent Assoc J 4: 50, 1976
40. Kraft, M.: Report über ein modellierfähiges Composite-Füllungsmaterial. ZWR 85: 679, 1976

41. Kremers, L./Krohn, W.: Auftreten und Dauer von Hystereseerscheinungen bei Composite-Materialien. Zahnaerztl Prax 29: 404, 1978
42. Larato, D.C.: Influence of a composite resin restoration on the gingiva. J Prosthet Dent 28: 402, 1972
43. Lee, H.L./ Orłowski, J.A./ Kidd, P.D.: Surface roughness of composite filling materials. Biomater Med Devices Artif Organs 4: 503, 1975
44. Leidal, T.I./ Tronstad, L.: Scanning electron microscopy of cavity margins finished with ultra-speed instruments. J Dent Res 54: 152, 1975
45. Leinfelder, K.F./ Sluder, T.B./ Sockwell, C.L./ Strickland, W. Wall, J.T.: Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials. J Prosthet Dent 33: 407, 1975
46. Liatukas, E.L.: A clinical investigation of composite resin restorations in anterior teeth. J Prosthet Dent 27: 616, 1972
47. Lingard, G.L./ Davies, E.H./ Fraunhofer, von, J.A.: An in vitro study of the staining of anterior restorative materials. J Dent 6: 247, 1978
48. Lutz, F./ Lüscher, B./ Ochsenbein, H./ Mühlemann, H.R.: Die Entwicklung der perfekt adaptierten, randspaltfreien MOD-Kompositfüllung, In-vitro Befunde. SSO 86: 1025, 1976
49. Lutz, F./ Lüscher, B./ Ochsenbein, H./ Mühlemann, H.R.: Adhäsive Zahnheilkunde. Juris Druck & Verlag, Zürich 1976, ISBN 3 260 04047 1
50. Lutz, F./ Ochsenbein, H./ Lüscher, B.: Nachkontrolle von 1 1/4jährigen Adhäsivfüllungen. SSO 87: 125, 1977

51. Marthaler, Th.: Was kann eine präventiv orientierte Jugendzahnheilkunde erreichen? Ergebnisse 15 jähriger systematischer Bemühungen in der Schweiz. Dtsch Zahnaerztl Z 34: 76, 1979
52. Marthaler, Th.: Die Kariesprophylaktische Aktion im Kanton Zürich 1962 bis 1974 samt statistischem Erfolgsbericht über die ersten 8 Jahre. SSO 85: 1147, 1975
53. McCabe, J.F./ Caddick, R.J.K.: The finishing of composite restorations. Br Dent J 145: 101, 1978
54. McCune, R.J./ Cvar, J.F./ Ryge, G.: Clinical comparison of anterior and posterior restorative materials. JDREAF 48: Abstract 482, 1969
55. Meier, Ch./ Lutz, F.: Komposits kontra Amalgam: Vergleichende Verschleissfestigkeitsmessungen in vivo: 1-Jahres-Resultate. SSO 89: 203, 1979
56. Meier, Ch.: Eine Methode zur Bestimmung der Verschleissfestigkeit von Füllungsmaterialien in vivo. Med. Diss., Zürich 1977
57. Meier, Ch./ Lutz, F.: Verschleissmessung in vivo an okklusalen Komposit- und Amalgamfüllungen. Dtsch Zahnaerztl Z 33: 617, 1978
58. Mettler, P./ Friedrich, U./ Roulet, J.F.: Studie über die Abrasion von Amalgam und Komposits im Seitenzahnbereich. SSO 88: 324, 1978
59. Michl, R./ Wollwage, P.: Werkstoff für Dentalzwecke BRD Auslegeschrift 24.03.211, 1974
60. Mitchem, J.C./ Turner, L.R.: The retentive strenghts of acid-etched retained resins. J Am Dent Assoc 89: 1107, 1974

61. Mitchem, J.C./ Granum, E.D.: Fracture of enamel walls by composite resin restorations following acid etching. Oper Dent 1: 130, 1976
62. Moffa, J.P./ Jenkins, W.A.: Four year posterior clinical evaluation of two composite resins. JDREAF 54A: Abstract 13, 1975
63. Nelson, G.V./ Osborne, J.W./ Gale, E.N./ Philips, R.W.: Amalgam versus composite resin in class II restorations in primary teeth. JDREAF 58A: Abstract 943, 1979
64. Newesely, H.: Füllungskunststoffe. Zahnaerztl Prax 29: 395, 1978
65. Nuckels, D.B./ Fingar, W.W.: Six-month and one-year clinical evaluation of a composite resin for class II restorations. J Am Dent Assoc 91: 1017, 1975
66. Oppenheim, M.N./ Ward, G.T.: The restoration of fractured incisors using a pit and fissure sealant resin and composite material. J Am Dent Assoc 89: 365, 1974
67. Osborne, J.W./ Gale, E.N./ Ferguson, G.W.: One-year and two-year clinical evaluation of a composite resin vs. amalgam. J Prosthet Dent 30: 795, 1973
68. Philips, R.W.: The new era in restorative dental materials. Oper Dent 1: 29, 1976
69. Philips, R.W.: Should I be using amalgam or composite restorative materials? Int Dent J 25: 236, 1975
70. Philips, R.W./ Avery, D.R./ Mehra, R./ Swartz, M.L./ McCune, R.J.: Observation on a resin for class II restorations: two-year report. J Prosthet Dent 28: 164, 1972

71. Philips, R.W./ Avery, D.R./ Mehra, R./ Swartz, M.L./ McCune, R.J.: Observation on a composite resin for class II restorations: three-year report. J Prosthet Dent 30: 891, 1973
72. Powell, J.M./ Philips, R.W./ Norman, R.D.: In vitro wear response of composite resin, amalgam and enamel. J Dent Res 54: 1183, 1975
73. Powers, J.M./ Allen, L.J./ Craig, R.G.: In vitro abrasion of a composite and unfilled restorative plastics. JDREAF 53: Abstract 390, 1974
74. Powers, J.M./ Allen, L.J./ Craig, R.G.: Two-body abrasion of commercial and experimental restorative and coating resins and an amalgam. J Am Dent Assoc 89: 1118, 1974
75. Reinhardt, K.-J./ Vahl, J.: Untersuchungen physikalischer Eigenschaften hochglanzpolierbarer Füllungsmaterialien im Vergleich zu Compositen. Dtsch Zahnaerztl Z 33: 547, 1978
76. Retief, D.H.: A comparative study of three etching solutions: effects on enamel surface and adhesive-enamel interface. J Oral Rehabil 2: 75, 1975
77. Riethe, P.: Entwicklung der Frontzahnfüllungswerkstoffe. Zahnaerztl Mitt 68: 316 u. 374, 1978
78. Roulet, J.F.: Ein klinischer Vergleich 3-er Komposits mit Amalgam im Seitenzahnberich. ZWR 86: 1055, 1977
79. Rule, D.C./ Elliott, B.: Semi-permanent restoration of fractured incisors in young patients. Br Dent J 139: 272, 1975
80. Schröder, A.: Stand der Erfahrungen auf dem Gebiet der neuen Kunststoff-Kompositmaterialien auf Basis der Bowen-Formel. SSO 81: 999, 1971

81. Sedej, R./ Ladić, J.: Mikroskopische Untersuchung von Isosit- und Composite-Werkstoffen. Zahnaerztl Prax 29: 409, 1978
82. Skjörland, K.Kr.: Bacterial accumulation on silicate and composite materials. J Biol Buccale 4: 315, 1976
83. Skörland, K.Kr.: Plaque accumulation on different dental filling materials. Scand J Dent Res 81: 538, 1973
84. Smales, R.J.: Composite resin restorations. A three-year clinical assessment of four materials. Aust Dent J 20: 228, 1975
85. Spragg, R.C./ Whitehouse, D.J.: Die mittlere Wellenlänge als neuer Oberflächenkennwert. Fertigung 3: 17, 1972
86. Tolley, L.G./ Dennison, J.B./ O'Brien, W.J.: Surface finish of composite materials. JDREAF 56B: Abstract 663, 1977
87. Tronstad, L./ Leidal, T.I.: Scanning electron microscopy of cavity margins finished with chisels or rotating instruments at low speed. J Dent Res 53: 1167, 1974
88. Tschamer, H.: Studie zur mikrobiellen Besiedlung von Restaurationen mit Kompositematerialien im Vergleich mit jener der natürlichen Schmelzoberfläche. ZWR 86: 714, 1977
89. Valcke, C.F.: Some surface characteristics of composite resin filling materials. J Dent Assoc S Afr 33: 21, 1978
90. Wegelin, H.: Die Behandlung traumatisch geschädigter Frontzähne. SSO 88: 623, 1978

91. Weitmann, R.T./ Eames, W.B.: Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. J Am Dent Assoc 91: 101, 1975
92. Williams, A.K./ Eames, W.B./ Strain, J.D.: A 3-year clinical comparison of class I restorations of Adaptic, Addent 12 and amalgam. JDREAF 51: Abstract 560, 1972
93. Wilmer, B./ O'Neal, S.J./ Rogers, L.B.: Composite plain talk. J Am Dent Assoc 92: 550, 1976
94. Wirz, J./ Castagnola, L.: Der Verbrauch verschiedener Füllungsmaterialien durch den Schweizer Zahnarzt. SSO 87: 594, 1977

TABELLE 1

Getestete Füllungsmaterialien und homologe Versiegler

Nr.	Material und Hersteller	Prüfverfahren	
		in vitro MOD-Füll- lungen	Oberflächenbe- arbeitung + Rauigkeits- messungen
1	<u>Adaptic</u> Konventionelles Frontzahn-2-Komponenten-Komposit, chemisch härtend, Johnson & Johnson Co., East Windsor, New Jersey/USA	*	*
2	<u>Concise</u> Konventionelles Frontzahn-2-Komponenten-Komposit, chemisch härtend, 3M Co., St. Paul, Minnesota/USA	*	
3	<u>Foto-fill</u> Konventionelles Frontzahn-Komposit, lichthärtend, Johnson & Johnson Co., East Windsor, New Jersey/USA		*
4	<u>Concise Röntgenopak</u> Konventionelles Bedingt seitenzahntaugliches 2-Komponenten-Komposit, chemisch- härtend, 3M Co., St. Paul, Minne- sota/USA		*
5	<u>Prestige</u> Konventionelles Bedingt seitenzahntaugliches 2-Komponenten-Komposit, chemisch- härtend, Lee Pharmaceuticals South El Monte, California/USA	*	*
6	<u>Isosit</u> Frontzahn- und potentiellles Seiten- zahn-Komposit, 2-Komponenten, chemisch- härtend, Ivoclar AG, FL-9494 Schaan/ Liechtenstein	*	*
7	<u>Estic-Microfill</u> Frontzahn- und potentiellles Seiten- zahn-Komposit, 2-Komponenten, chemisch- härtend, Kulzer & Co.GmbH, D-648 Bad- Homburg 1,BRD	*	*

Nr.	Material und Hersteller	Prüfverfahren	
		in vitro MOD-Füll- lungen	Oberflächenbe- arbeitung + Rauigkeits- messungen
8	<u>G 2</u> Versuchs-Komposit für den Seitenzahn- bereich, 2-Komponenten, chemisch- härtend, Ivoclar AG, FL-9494 Schaan/ Liechtenstein	*	*
9	<u>Kulzer-S</u> Versuchs-Komposit für den Seitenzahn- bereich, 2-Komponenten, chemisch- härtend, Kulzer & Co.GmbH, D-648 Bad- Homburg 1, BRD	*	
10	<u>Estic Microfill, RX pos.</u> Potentielles Seitenzahn-Komposit, 2-Komponenten, chemisch härtend, Kulzer & Co.GmbH)	*	*
11	<u>Kulzer Rx pos. flüssig</u> RX positiver Anteil eines potentiellen Seitenzahn-Komposit-Systems (Kulzer Co. GmbH)	*	*
12	<u>Kulzer Komposit RX pos. stopfbar</u> RX positiver Anteil eines potentiellen Seitenzahn-Komposit-Systems (Kulzer Co. GmbH)	*	*
13	<u>Dispersalloy</u> Fast set-Kapsel-Amalgam (Johnson & John- son)	*	
	<u>Versiegler</u> Adaptic Bonding Agent (ABA) Johnson & John- son. Estic Glaze Microfill (EG MF) Kulzer Concise Enamel Bond (CEB), 3M Co, St.Paul, Minnesota/USA		

Übersicht über die in vitro untersuchten Füllungstechniken, aufgeteilt nach den Parametern Füllungsmaterial, Kavitätenpräparation, SAT, Versiegleranwendung und Modus der Kompositapplikation.

Füllungs- material	Kavitäten-Präparation	Schmelz- aetz- technik (SAT)	Versiegler- vorstrich	Applikation des Füllungsmaterials
Komposit	Adhäsions-Präparation ¹⁾	SAT	+	Kompressionsverfahren mit Folie
"	"	"	-	"
"	MOD-konventionell ²⁾	-	-	"
"	"	+	-	"
"	"	-	+	"
"	"	+	+	"
"	MOD-konventionell ³⁾ modifiziert	+	+	"
"	MOD-konventionell	+	+	2-zeitig
"	MOD-konventionell	-	+	2-zeitig ⁴⁾
"	"	-	-	"
"	"	+	-	"
"	"	+	+	3-zeitig
Amalgam	MODD-konventionell			proportionenweise stopfen

1) vgl. Abb. 1

2) vgl. Abb. 2

3) vgl. Abb. 3

4) vgl. Abb. 4

TABELLE 3

Wertungstabelle für die Beurteilung des Grades der Farbstoff-
penetration zwischen Füllung und Zahnhartsubstanz

Grad	Definition
0	Keine Penetration
1	Penetration im Bereich der äusseren Hälfte des Schmelzmantels
2	Penetration entlang des gesamten Schmelzes bis maximal zur Schmelz/Dentingrenze
3	Penetration entlang des Schmelzes und ins Dentin bis maximal zur Mitte der horizontalen Stufe
4	Penetration entlang des Schmelzes und ins Dentin durch den gesamten horizontalen Stufenbereich
5	Penetration entlang des Schmelzes und ins Dentin bis in die vertikale Begrenzung der approximalen Füllungs- anteile oder in das Tubulussystem

Übersicht über die in vitro an den in Tab. 1 aufgeführten Komposits getesteten Ausarbeitungsverfahren

Geprüfte Schleifkörper

Anzahl Mes-
sungen pro
Komposit-
Material

Ausgangsbearbeitung der Testfüllung durch
Maschinenpolitur (1900 AB Automet, AB Buehler Ltd.
Evanston, III., USA, AB Automet Paper Discs
No. 30-5148 400 Grit. und AB Automet Paper Discs
No. 30-5148 600 Grit)

300 (180)¹⁾

<u>Versuchsreihe 1</u> (Abb. 6)	a) Greenstone (G-St), keramische Schleifkörper aus grünem Silizium-Carbid ²⁾	90
	b) Whitestone (S-St), keramische Schleifkörper aus weißem Arkansas ²⁾	90
<u>Versuchsreihe 2</u> (Abb. 6)	c) Wolfram-Carbid-Finierer, 12 blättrig (WCF12) ³⁾	90
	d) Wolfram-Carbid-Finierer, 40-blättrig (WCF40) ³⁾	90
<u>Versuchsreihe 3</u> (Abb. 7)	e) Präparations-Diamant (Intensiv-FG-Diamant J 95) ⁴⁾	90
<u>Versuchsreihe 4</u> (Abb. 7)	f) Finier-Diamant grob (D70) Diamantierter Schleifkörper D + z ⁵⁾	90
	g) Finier-Diamant mittel (D30) Diamantierter Schleifkörper D + z ⁵⁾	90
	h) Finier-Diamant fein (D15) Diamantierter Schleifkörper D + z ⁵⁾	90

1) Die in Klammer angegebene Zahl bezieht sich auf die Komposit-Produkte der Nummern 11, 12, 13 in Tabelle 1

2) Hager & Meisinger GmbH, D-4 Düsseldorf 1, BRD

3) JetR Beavers Dental Products Ltd., Morrisburg, Ontario, Canada

4) IntensivR-Diamanten, Firma W. Hubschmid & Sohn, CH 6906 Cassarate

5) Spezialanfertigungen nach Spezifikationen von Kar/Par/PZM;
Drendel + Zweiling, 1 Berlin 37, BRD

TABELLE 5

Adaption von in vitro MOD-Komposit-Füllungen in Funktion der Kavitätenpräparation, der Säure-Aetztechnik (SAT) des Versieglers (VS), des Kompositmaterials (Paste x Paste = P x P) sowie der Verarbeitungstechnik; SEM-Auswertung nach den Randqualitäten Randspalt (RS), Einbruch (E), Unterschuss (U), Ueberschuss (Ue) und perfekter Rand (PR) in % der total untersuchten Randlänge; Anzahl pro Verfahren n = 5.

Versuch Nr.	Komposit (P x P)	Kavitäten- Präparation	SAT	Versiegler (VS)	Applikations- technik	RS	Randqualität (%)		
							E	U	Ue
1	Adaptic ¹⁾	Adhäsiv	+	ABA	Folie/digit. Kampr.	8,0	-	6,5	0
2	Concise ²⁾	"	+	CEB	"	4,0	-	6,0	1,5
3	Prestige ⁵⁾	"	+	ABA	"	33,2	-	32,0	0
4	G ₂ ⁸⁾	"	+	"	"	55,3	-	59,1	13,3
5	Kulzer-S ⁹⁾	"	+	EG MF	"	9,8	-	11,2	2,0
6	Prestige	"	+	-	"	51,1	-	59,1	0
7	Isosit ⁶⁾	"	+	-	"	35,3	-	27,3	1,5
8	G ₂	"	+	-	"	39,6	-	45,5	3,3

Adhäsivpräp. einzeln appliziert

Versuch Nr.	Komposit (P x P)	Kavitäten- Präparation	SAT	Versiegler (VS)	Applikations- technik	RS	E	U	Pandqualität (%)	Ue	PR
9	Adaptic	MOD konventionell	-	-	Folie digit.Kompr.	33,3	40,2	2	9	14,6	
10	Estic MF ⁷⁾	"	-	-	"	39,7	46,1	1,1	1,8	5,5	
11	Adaptic	"	+	-	"	33,3	23,2	4,0	4,9	34,3	
12	G ₂	"	+	-	"	32,2	38,1	0,4	2,0	27,9	
13	Estic MF ⁷⁾	"	+	-	"	52,1	26,9	0	0	17,2	
14	Adaptic ¹⁾	"	-	ABA	"	40,5	30,1	1,6	2,0	21,0	
15	Estic MF ⁷⁾	"	-	EG MF	"	43,7	49,9	0	4,4	2,1	
16	Adaptic	"	+	ABA	"	24,5	18,0	0	6,5	51,4	
17	Estic MF ⁷⁾	"	+	EG MF	"	15,2	26,0	4,8	3,2	53,8	
18	Estic MF RÖ + 10)	"	+	"	"	27,8	28,5	1,5	3,3	38,9	
19	Estic MF ⁷⁾ Estic MF RÖ + 10)	"	+	"	zuerst Estic MF RÖ + anschl.sofort Estic MF ohne Inter- vall	19,5	35,5	4,4	1,0	41,4	
20	Estic MF ⁷⁾	" + Schmelzrand der horizontalen Stufe abgeschrägt	+	"	Folie digit.Kompr.	33,1	32,3	1,0	2,6	31,4	

alle einzeln gestopft

Versuch Nr.	Komposit (P x P)	Kavitäten- Präparation	SAT	Versiegler (VS)	Applikations- technik	RS	Randqualität (%)			PR
							E	U	Ue	
21	Estic MF 7) + Kulzer Rx pos. stopfbar 12)	MOD-konventionell	+	Estic Gl. MF	RÜ + vorstopfen 12) 5 Min. aushärten Estic MF nachstopfen Folie/Kompression	5,3	11,5	10,0	1,8	71,6
22	Estic MF 7) + Kulzer Rx pos. flüssig 11)	"	+	"	RÜ+ einfließen und 5 Min. aushärten lassen Estic MF nachstopfen Folie/Kompression	15,6	37,2	4,1	0	42,9
23	Estic MF 7) + Kulzer RÜ-pos stopfbar 12)	MOD konventionell Schmelzrand der horizontalen Stufe abgeschrägt	+	"	RÜ + vorstopfen 12) 5 Min. aushärten Estic MF nachstopfen Folie/Kompression	38,3	2,9	2,9	5,0	50,8

Versuch Nr.	Komposit (P x P)	Kavitäten- Präparation	SAT	Versiegler (VS)	Applikations- technik	RS	Randqualität (%)		
							E	U	Ue
24	Adaptic	MOD-konventionell	-	ABA	2-zeitig gestopft	13,8	-	3,5	2,3 83,0
25	Concise Rx pos. ⁴⁾	"	-	CEB	"	6,3	-	4,3	5,2 87,8
26	Estic MF ⁷⁾ Kulzer Rö-pos stopfbar 12)	"	-	EG MF	2-zeitig 1 x Rö + 5 Min.-Intervall 1 x normal	0,8	-	0,6	2,6 96,1
27	Dito	"	-	-	"	13,6	2,2	14,0	9,0 70,8
28	Dito	"	+	-	"	20,1	-	28,1	0,5 70,7
29	Dito	"	+	EG MF	3-zeitig 2 x Rö + 1 x normal 5 Min.-Intervall	10,0	2,1	1,1	4,7 82,1
30	Analgam ¹³⁾ Dispersalloy in Kapseln	"	-	-	Stopfen portionen- weise	73,5	-	56,4	4,7 20,5

TABELLE 6

Signifikanzprüfung auf materialbedingte Qualitätsunterschiede der Füllungsmikromorphologie.

Adhäsions-Präparation, SAT
VS, 1-zeitig gefüllt

variabel: Material

A = Adaptic^R
C = Concise^R
K = Kulzer S

Versuch Nr.	Versuch Nr.	Signifikanz	Vertrauensgrenze
1 A	< 2 C	NS	P < 0,01
1 A	< 5 K	NS	
2 C	> 5 K	S	

S = signifikant NS = nicht signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 7

Signifikanzprüfung der bezüglich SAT- und VS-Verwendung verfahrensspezifischen Qualitätsunterschiede der Füllungsrandmikromorphologie: Vergleich zwischen Adaptic^R und Estic^R MF

Konvent. MOD, 1-zeitig gefüllt

variabel: SAT, VS,
Material

Adaptic^R
Estic^R MF

Versuch Nr.	Versuch Nr.	Signifikanz	Vertrauensgrenze
9	> 10	S	P < 0,01
11	> 13	NS	
14	> 15	S	P < 0,001
16	< 17	NS	

S = signifikant NS = nicht signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 8

Signifikanzprüfung auf materialbedingte Qualitätsunterschiede der Füllungsrandmikromorphologie bei 2-zeitiger Applikation:

Konvent. MOD, VS, ohne SAT
2-zeitig gefüllt

variabel: Material

A = Adaptic^R

C = Concise^R

EMF = Estic^R MF +

Kulzer RÖ pos stopfbar

Versuch Nr.	Versuch Nr.	Signifikanz	Vertrauensgrenze
24 A	< 25 C	NS	P < 0,01
25 C	< 26 EMF	NS	
24 A	< 26 EMF	S	

S = signifikant NS = nicht signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 9

Signifikanzprüfung der bezüglich SAT- und VS-Verwendung verfahrensspezifischen Qualitätsunterschiede der Füllungsrandmikromorphologie: bei Adaptic^R

Konvent. MOD, 1-zeitig gefüllt, variabel: SAT, VS
Adaptic^R

Versuch Nr.	Versuch Nr.	Signifikanz	Vertrauensgrenze
9	< 11	NS	P < 0,01 P < 0,001
11	> 14	NS	
14	< 16	S	
9	< 16	S	
11	< 16	NS	
9	< 14	NS	

S = signifikant NS = nicht signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 10

Signifikanzprüfung der bezüglich SAT- und VS-Verwendung verfahrens-spezifischen Qualitätsunterschiede der Füllungsrandmikromorphologie: bei Estic^R MF

Konvent. MOD, 1-zeitig gefüllt
Estic^R MF

variabel: SAT, VS

Versuch Nr.	Versuch Nr.	Signifikanz	Vertrauensgrenze
10	< 13	NS	P < 0,05
13	> 15	NS	P < 0,05
15	< 17	S	P < 0,001
10	< 17	S	P < 0,001
13	< 17	S	P < 0,001
10	> 15	NS	P < 0,01

S = signifikant NS = nicht signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 11

Beweisführung für die bezüglich Füllungsrandmikromorphologie signifikante Ueberlegenheit der Anwendung eines Versieglers ohne SAT bei 2-zeitiger Füllungsapplikation:

Konvent. MOD, 2-zeitig gefüllt
Estic^R MF + Kulzer RÖ-pos. stopfbar

variabel: SAT, VS

Versuch Nr.	Versuch Nr.	Signifikanz	Vertrauensgrenze
21	< 26	S	P < 0,001
26	> 27	S	P < 0,001
26	> 28	S	P < 0,001
27	> 28	NS	

S = signifikant NS = nicht signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 12

Signifikanzprüfung auf den qualitätssteigernden Effekt bezüglich Füllungsrandmikromorphologie durch mehrzeitige Applikation bei Estic^R MF bzw. Estic^R MF + Kulzer Rö-pos stopfbar

Konvent. MOD, SAT, VS variabel: 1-, 2- und 3-zeitig
Estic^R MF, Estic^R MF +
Kulzer Rö-pos stopfbar

Versuch Nr. 1-zeitig	Versuch Nr. 2-zeitig	Versuch Nr. 3-zeitig	Signifikanz	Vertrauensgrenze
19	< 21	< 29	S	P < 0,01

S = signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 13

Signifikanzprüfung auf den qualitätssteigernden Effekt bezüglich Füllungsrandmikromorphologie durch mehrzeitige Applikation bei Adaptic^R und Estic^R MF + Kulzer Rö-pos stopfbar

Konvent. MOD, ohne SAT, VS variabel: 1- bzw. 2-zeitig
Adaptic^R (A) und Estic^R MF +
Kulzer Rö-pos stopfbar (EMF Rö-pos)

Versuch Nr. 1-zeitig	Versuch Nr. 2-zeitig	Signifikanz	Vertrauensgrenze
14 A	< 24 A	S	P < 0,001
15 EMF Rö-pos	< 26 EMF Rö-pos	S	P < 0,001

S = signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 14

Signifikanzprüfung auf den qualitätssteigernden Effekt bezüglich Füllungsrandmikromorphologie durch mehrzeitige Applikation bei Estic^R MF + und Estic^R MF + Kulzer Rö-pos stopfbar

Konvent. MOD, ohne SAT, ohne VS, variabel: 1- bzw. 2-zeitig
Estic^R MF, Estic^R MF + Kulzer Rö-pos stopfbar

Versuch Nr. 1-zeitig	Versuch Nr. 2-zeitig	Signifikanz	Vertrauensgrenze
10	< 27	S	P < 0,001

S = signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 15

Signifikanzprüfung auf den qualitätssteigernden Effekt bezüglich Füllungsrandmikromorphologie durch mehrzeitige Applikation bei Estic^R MF und Estic^R MF + Kulzer Rö-pos stopfbar

Konvent. MOD, SAT, ohne VS variabel: 1- bzw. 2-zeitig
Estic^R MF, Estic^R MF + Kulzer Rö-pos stopfbar

Versuch Nr. 1-zeitig	Versuch Nr. 2-zeitig	Signifikanz	Vertrauensgrenze
13	< 28	S	P < 0,001

S = signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 16

Signifikanzprüfung auf mikromorphologische Qualitätsunterschiede des Füllungsrandes durch Modifikation der konventionell präparierten MOD-Kavität

SAT, VS, Estic^R MF (EMF) bzw.
Estic^R MF + Kulzer Rö-pos stopfbar
(EMF Rö-pos)

variabel: Kav.-Präparation

Applikation	Versuch Nr.	Versuch Nr.	Signifikanz	Vertrauensgrenze
1-zeitig	17 EMF	> 20 EMF	NS	P < 0,05
2-zeitig	21 EMF Rö-pos	> 23 EMF Rö-pos	NS	

S = signifikant NS = nicht signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 17

Signifikanzprüfung auf die produkteunabhängige Ueberlegenheit der Komposit-Kl. II-Füllungen bezüglich mikromorphologischer Randqualität gegenüber der MOD-Amalgamfüllungen

Konvent. MOD, ohne SAT, VS, 2-zeitig
gestopft, Adaptic^R (A), Concise^R (C)
Estic^R MF + Kulzer Rö-pos stopfbar
(EMF+), Dispersalloy^R (D)

variabel: Material

Versuch Nr.	Versuch Nr.	Versuch Nr.	Versuch Nr.	Signifikanz	Vertrauensgrenze
25 A	25 C	26 EMF+	> 30 D	S	P < 0,001

S = signifikant NS = nicht signifikant SAT = Säure-Aetz-Technik VS = Versiegler

TABELLE 18

Mittel der an den in der Tabelle aufgeführten Komposits gemessenen R_a -Werte nach deren Oberflächenbearbeitung mit den in der Tabelle genannten Schleifkörpern (Meter-Cut-Off: 0,25 mm):

Schleifkörper	D-15h)	M-Pol	W-Stb)	G-Sta)	WCFd) 40Bl	WCFc) 12Bl	D-30g)	D-70f)	J95e)
<u>Komposit (Tab. 1)</u>									
Kulzer Rö+ flüssig (11)	0,066	0,079	0,088	0,153	0,205	0,174	0,285	0,583	0,593
G 2 (8)	0,074	0,060	0,091	0,155	0,199	0,207	0,302	0,565	0,646
Kulzer Rö+ stopfbar (12)	0,071	0,095	0,127	0,179	0,206	0,223	0,290	0,602	0,624
Estic MF									
RX-pos. (10)	0,102	0,058	0,127	0,171	0,299	0,209	0,308	0,634	0,578
Foto-fil (3)	0,085	0,098	0,180	0,212	0,171	0,196	0,286	0,640	0,648
Concise Rö-opak (4)	0,089	0,115	0,144	0,224	0,238	0,266	0,323	0,524	0,640
Isosit (6)	0,085	0,074	0,121	0,198	0,317	0,294	0,325	0,580	0,615
Estic MF (7)	0,119	0,078	0,161	0,213	0,250	0,278	0,323	0,658	0,591
Prestige (5)	0,103	0,092	0,116	0,252	0,268	0,282	0,331	0,597	0,649
Adaptic (1)	0,124	0,161	0,175	0,284	0,283	0,372	0,346	0,571	0,672

Bewertung der Kompositpolierbarkeit (Rangpunkte):

Ausarbeitungsverfahren	D-15h)	M-Pol	W-St b)	G-St a)	WCFd) 40Bl	WCFc) 12Bl	D-30g)	D-70f)	J95e)	Rangordnung nach erzeugter Ober- flächenglätte (R _a -Werte)
Komposits (Tab. 1)										
Kulzer Rö+ flüssig (11)	1	5	1	1	3	1	1	6	3	1
G2 (8)	3	2	2	2	2	3	4	2	7	2
Kulzer Rö+ stopfbar (12)	2	7	5	4	4	5	3	7	5	3
Estic MF RX-pos. (10)	7	1	5	3	10	4	5	8	1	4
Foto-fil (3)	4	8	11	6	1	2	2	9	8	5
Concise Rö-opak (4)	6	9	7	8	5	6	6	1	6	6
Isosit (6)	4	3	4	5	11	10	8	5	4	6
Estic MF (7)	10	4	8	7	6	7	6	11	2	8
Prestige (5)	8	6	3	9	8	8	9	4	9	9
Adaptic (1)	11	11	10	10	9	11	10	3	11	10

1
5
1

Bewertung der Ausarbeitungsverfahren (Rangpunkte):

Komposits (Tab. 1)	Kulzer Rö+ fl. (11)	G2 (8)	Kulzer Rö+ st. (12)	Estic MF RX-pos. (10)	Foto-fil (3)	Concise Rö-op. (4)	Isosit (6)	Estic MF (7)	Prestige (5)	Adaptic (1)	Rangordn. bez. Ober- flächen- glätte (R _A -Werte)
<u>Ausarbeitungsverfahren</u>											
D-15h)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1
M-Pol	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1
W-Stb)	3	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3
G-Sta)	4	4	4	4	6	4	4	4	4	5	4
WCF 40 Bld)	6	5	5	6	3	5	6	5	5	4	5
WCF 12 BlC)	5	6	6	5	5	6	5	6	6	7	6
D-309)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
D-70f)	8	8	8	9	8	8	8	9	8	8	8
J95e)	9	9	9	8	9	9	9	8	9	9	9

LEGENDEN

- Abb. 1 MOD, Adhäsions-Präparation, a) Längsschnitt, b) Approximal-Ansicht, c) Okklusal-Ansicht: 1 = Breite Schmelzanschrägung approximal, 2 = Schmelzanschrägung okklusal, 3 = Approximal-Kavität, 4 = Okklusal-Kavität
- Abb. 2 MOD, konventionelle Kastenpräparation, a) Längsschnitt, b) Approximal-Ansicht, c) Okklusal-Ansicht: 1 = Rechtwinklig oder parallel zum Schmelzprismenverlauf finierte Kavitätenränder, 2 = Runde Kavitätenecken und Kanten, 3 = Approximal-Kavität, 4 = Okklusal-Kavität
- Abb. 3 MOD, modifizierte konventionelle Kastenpräparation, a) Längsschnitt, b) Approximal-Ansicht, c) Okklusal-Ansicht: 1 = Modifizierte Randgestaltung im Approximal-Bereich, Ansrägung des approximalen, supragingivalen Schmelzrandes, 2 = Runde Kavitätenecken und Kanten, 3 = Approximal-Kavität, 4 = Okklusal-Kavität
- Abb. 4 2-zeitig, ohne Säure-Aetz-Technik, mit Versieglervorstrich gelegte konventionelle MOD-Komposit-Füllung: 1 = Versieglervorstrich ohne Säure-Aetz-Technik, Zeitbedarf: 1 Min., 2 = "Approximal"-Füllungen, stopfbares, röntgenopakes Komposit, Zeitbedarf: 5 Min., 3 = "Okklusal"-Füllung, verschleissfestes Komposit, Zeitbedarf: 4 Min., Zeitaufwand total: 10 Min.
- Abb. 5 SEM-Bewertung der Mikromorphologie des Füllungsrandes: Der %-Anteil der Randqualitäten wird innerhalb der einzelnen Messstrecken geschätzt. Die Randqualität eines approximalen Füllungsanteils (-Kastens) wird ausgedrückt durch 1/5 der Summen der bei den einzelnen Messstrecken geschätzten Qualitätsanteile.
- Abb. 6 Ausarbeitungsinstrumente: 1 = Wolfram-Carbid-Finierer, 12-blättrig, 2 = White Stone, 3 = Wolfram-Carbid-Finierer, 40-blättrig, 4 = Green Stone
- Abb. 7 Evaluierte Diamant-Körnungen (SEM): 1 = J 95, 100x, 2 = D 75, 100x, 3 = D 30, 200x, 4 = D 15, 1000x
- Abb. 8 Evaluierte Schleifkörperformen, Diamantschleifkörper in den Körnungen D-15 (Abbildung), D-30 und D-75
- Abb. 9 Rechtwinklig präparierter, mit Handinstrumenten finierter und geätzter (H_3PO_4 35 %, 1 Min.) approximaler, supragingivaler Schmelzrand (SEM 1400x): 1 = relativ säureresistente, natürliche Schmelzoberfläche, wenig retentives Aetzmuster, 2 = Aufgelockerte Schmelzstruktur, isolierte Prismen, 3 = Wenig retentives Aetzmuster im Bereich des parallel zum Prismenverlauf angeschliffenen Schmelzes.
- Abb. 10 Qualitätsvergleich der Füllungsrandmikromorphologie in Abhängigkeit von den verwendeten Materialien (Estic^R MF, Adaptic^R, Estic^R MF + Kulzer Rö-pos stopfbar) und der Applikationstechnik anhand eines Mittelwertsäulendiagramms. Konvent. MOD-Präparation, 1-zeitig gefüllt (vgl. Tab. 7, 9, 10)

- Abb. 11 Qualitätsvergleich der Füllungsrandmikromorphologie in Abhängigkeit von der 1- bzw. mehrzeitigen Füll- und Applikationstechnik anhand eines Mittelwertsäulendiagramms: Konvent. MOD-Präparation (vgl. Tab. 12, 13, 14, 15)
- Abb. 12 Konvent. Kastenpräparation, Säure-Atz-Technik, Versieglervorstrich, Approximal-Ansicht (SEM): a) = Defektfraktur im Schmelz im Bereich der Kavitätenecke (100x), b) = Schmelz-Rand-Fraktur (200x): 1 intakter Schmelz, 2 = Frakturlinie, 3 = Randspalt zwischen Schmelz und Komposit, 4 = Komposit-Oberfläche
- Abb. 13 Konvent. Kastenpräparation, keine Schmelzätzung, Versieglervorstrich, 2-zeitig gelegte MOD-Kompositfüllung (Approximal-Ansicht SEM 200x): 1 = Schmelz, 2 = Mikromorphologisch perfekter Rand, 3 = Komposit
- Abb. 14 Mikromorphologie von unterschiedlich bearbeiteten Kompositoberflächen (SEM 280x): a) Adaptic^R, Green Stone, b) Estic^R MF, Green Stone, c) Adaptic^R, D-15, d) Estic^R MF, D-15
- Abb. 15 Mikromorphologie von Schmelzoberflächen nach der Bearbeitung mit unterschiedlichen Schleifkörpern (SEM 700x): a) J 95-Diamant, b) D-30-Daimant, c) Green-Stone, d) White Stone, e) D-15 Diamant
- Abb. 16 Klinisches Röntgenbild, OK-links, 25 + 26: 2-zeitig gelegte MOD-Komposit-Füllungen; röntgenopake "Approximal"-Füllungen; röntgen-negative, verschleissfeste "Okklusal"-Füllungen. 23 + 27: Amalgam-Füllungen.

Abb. 1

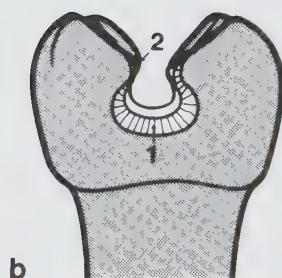
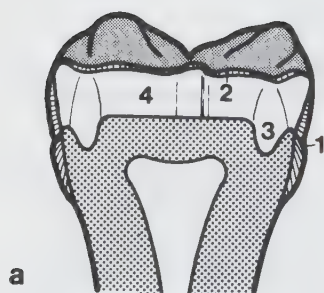


Abb. 2

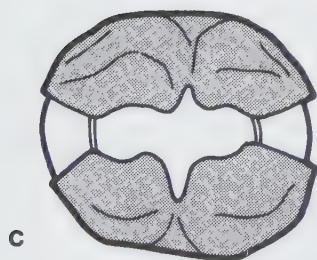
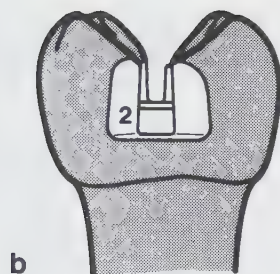
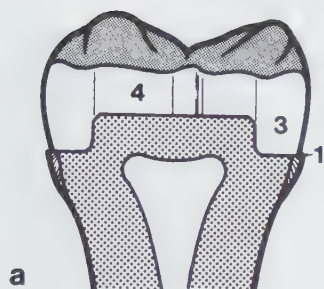


Abb. 3

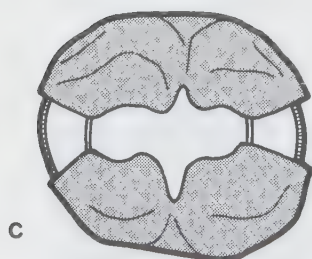
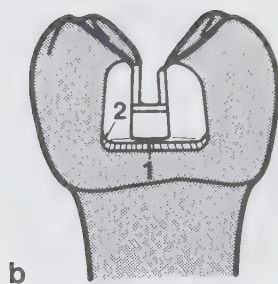
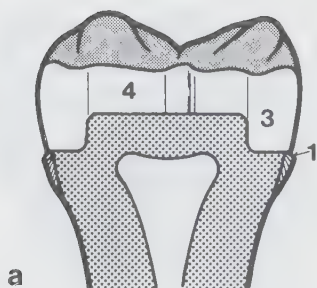


Abb. 4

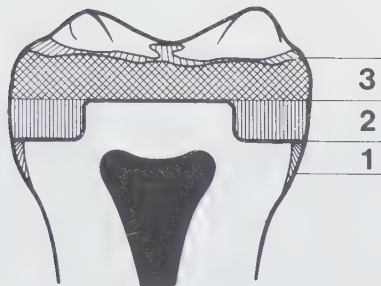
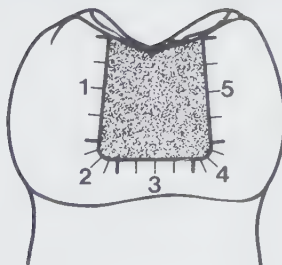


Abb. 5



RANDQUALITÄTEN
in % der Randlänge:

- Randspalt [RS]
- Einbruch [E]
- Unterschuss [U]
- Ueberschuss [Ue]
- Perfekter Rand [PR]

SEM, 400x, 5 Messstrecken [1-5]

Abb. 6

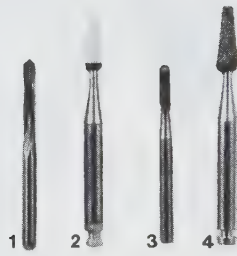


Abb. 7

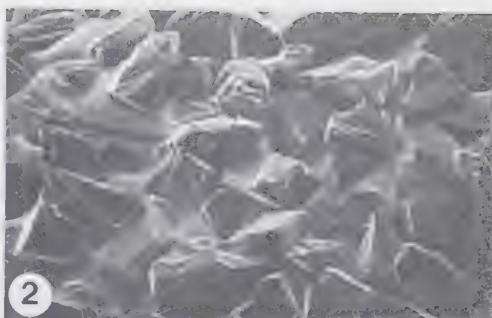


Abb. 8



Abb. 9

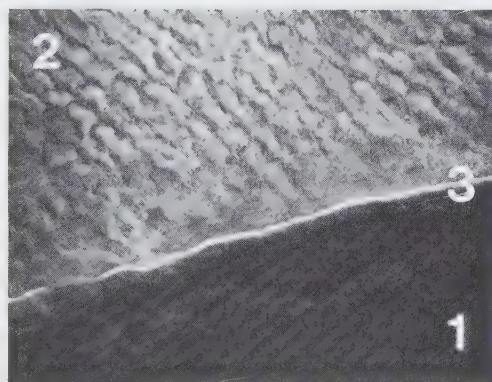
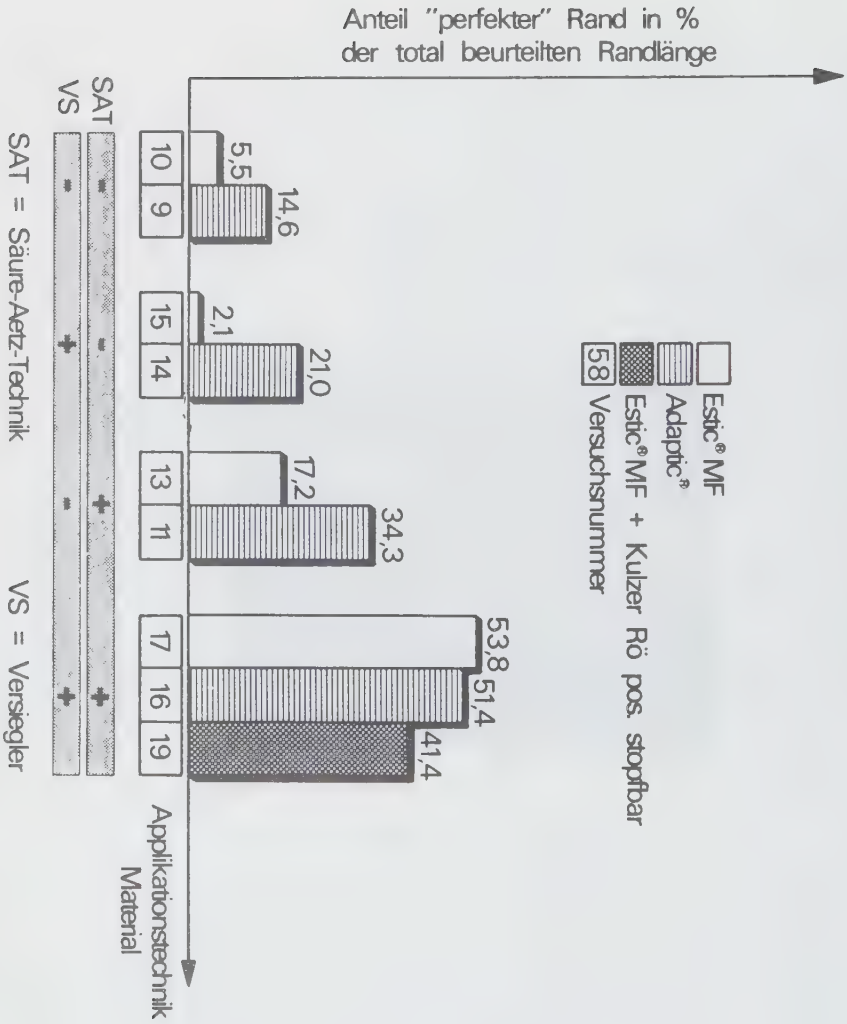


Abb. 10



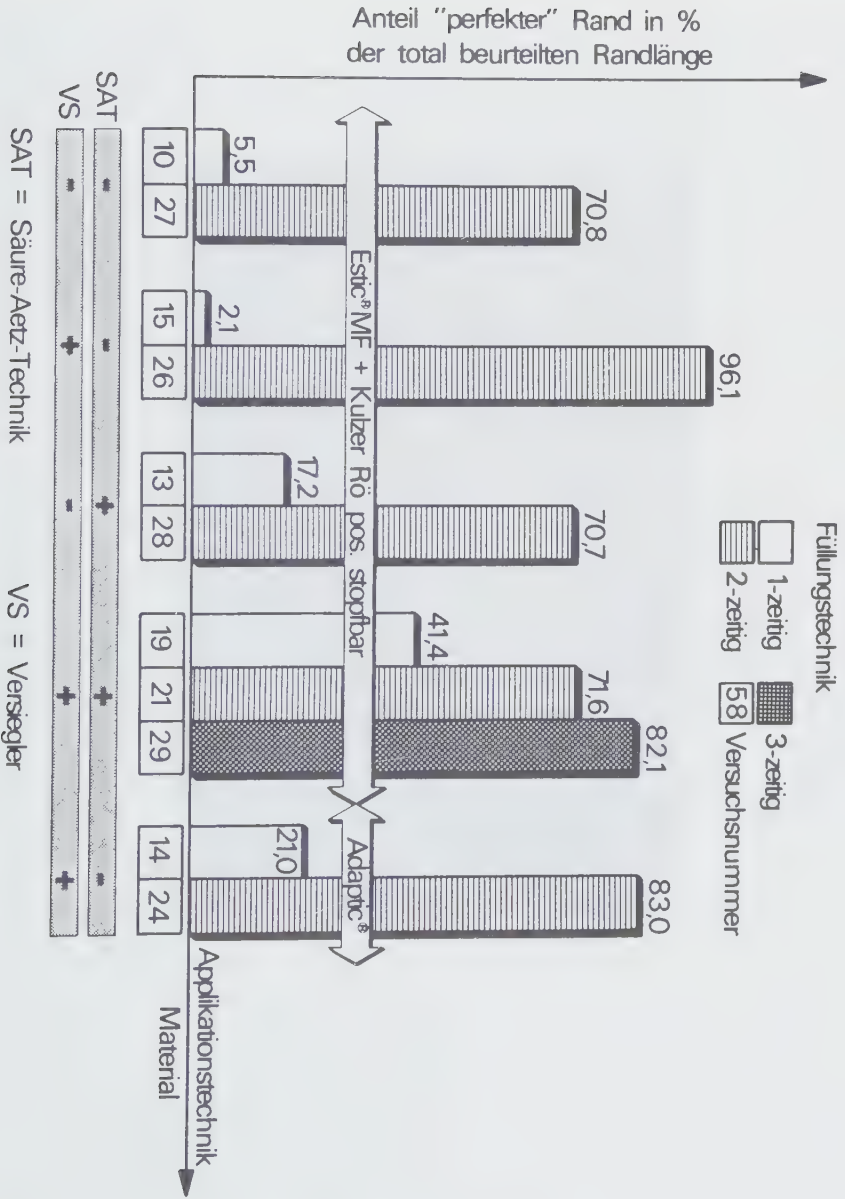


Abb. 12

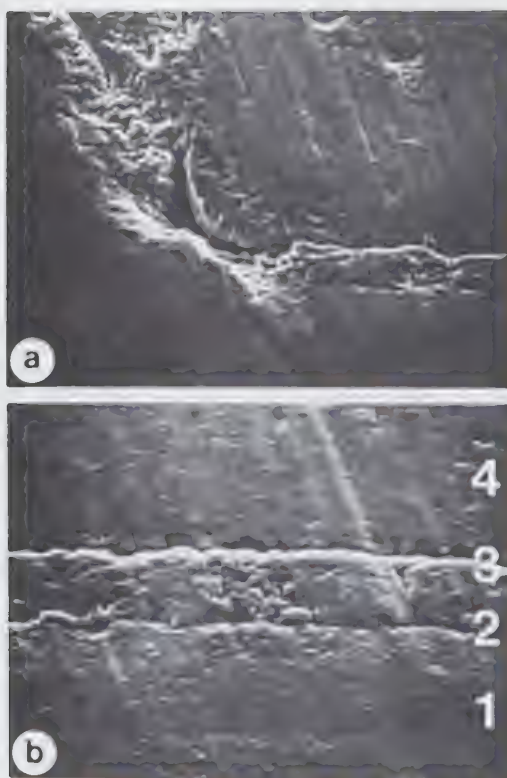


Abb. 13

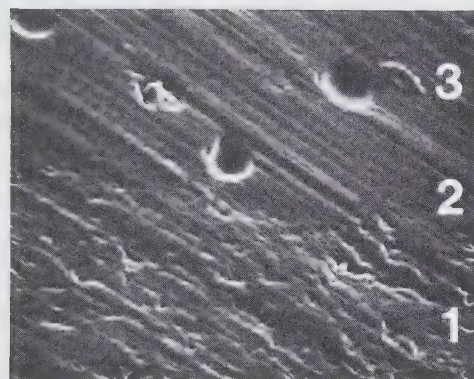


Abb. 14



Abb. 15

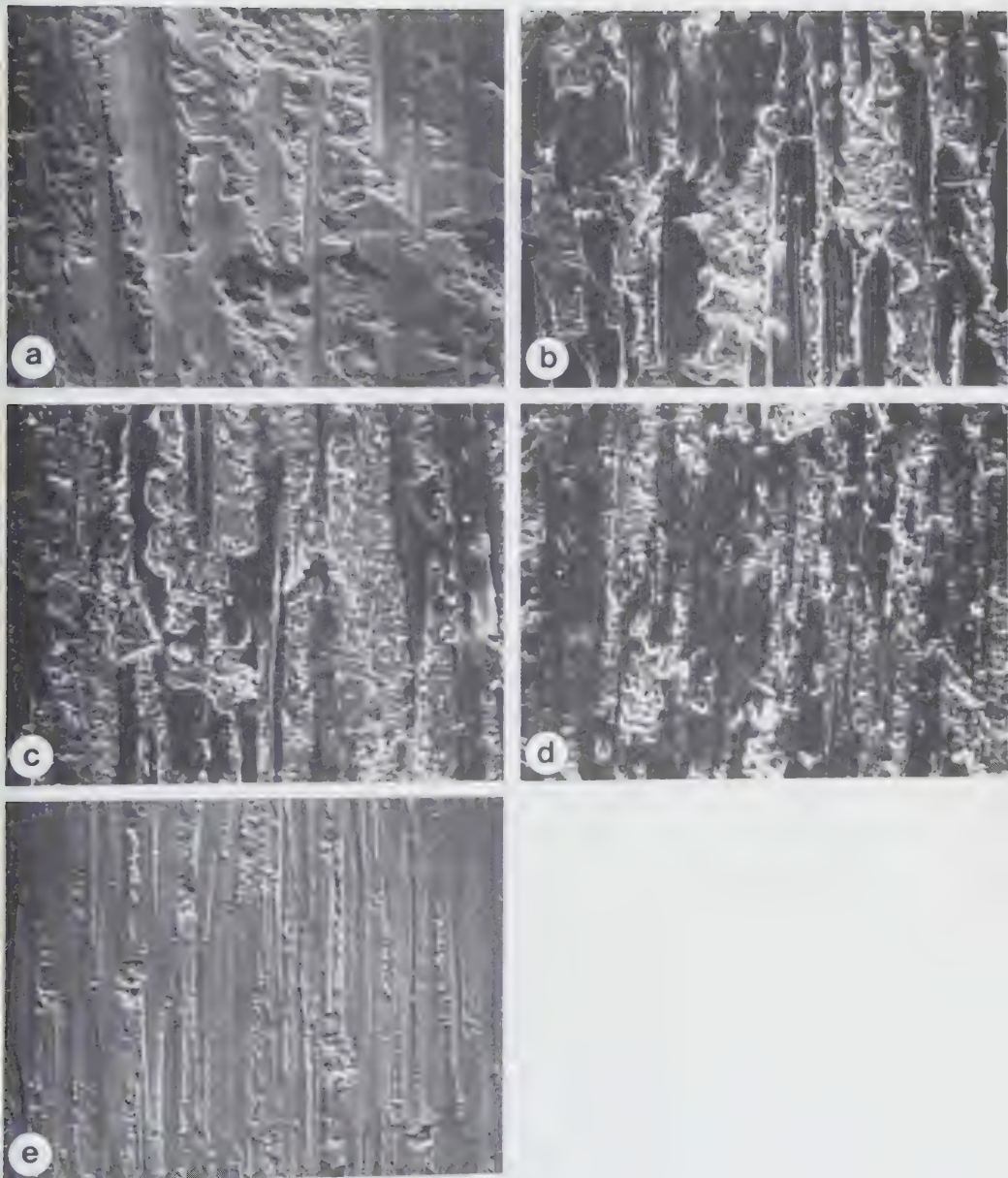
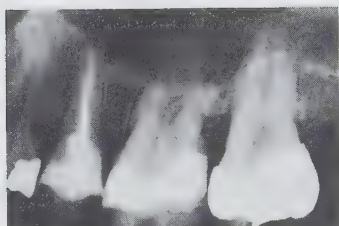


Abb. 16



CURRICULUM VITAE

Geboren	6.2.1946	in Muri AG
Primarschule	1953 - 1958	in Lenzburg
Bezirksschule	1958 - 1962	in Lenzburg
Kantonsschule	1962 - 1965	in Aarau
Maturität Typ C	1965	in Aarau
Vorklinisches Studium		
1. Teil	1965 - 1966	in Zürich
Mathematik	1966 - 1968	in Zürich (UNI)
Vorklinisches Studium		
2. Teil	1969 - 1971	in Zürich
Klinisches Studium	1971 - 1974	in Zürich
Staatsexamen	1974	in Zürich

Zur Zeit Assistent in Privatpraxis.

